



TUGAS AKHIR - TE 141599

***PERENCANAAN ZONA MENARA BARU
TELEKOMUNIKASI SELULAR DI KABUPATEN GRESIK
DENGAN METODE ELECTRE***

**Banyu Bening Gumilar
NRP. 2213106030**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknik Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - TE 141599

**CELL PLANNING THE NEW ZONE OF CELLULAR
TELECOMMUNICATION TOWER IN GRESIK
WITH ELECTRE METHOD**

**Banyu Bening Gumilar
NRP. 2213106030**

**Advisor
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT**

**DEPARTEMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016**

**PERENCANAAN ZONA MENARA BARU
TELEKOMUNIKASI SELULAR
DI KABUPATEN GRESIK
DENGAN METODE ELECTRE**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Telekomunikasi dan Multimedia
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui:
Dosen Pembimbing**

**Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT
NIP. 196109031989031001**



PERENCANAAN ZONA MENARA BARU TELEKOMUNIKASI SELULAR DI KABUPATEN GRESIK DENGAN METODE ELECTRE

Nama : Banyu Bening Gumilar
Pembimbing : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

ABSTRAK

Pengguna telekomunikasi mengalami penambahan seiring dengan perkembangan teknologi telekomunikasi yang pesat, pihak provider atau operator berlomba-lomba untuk menyediakan layanan terbaik contohnya dengan membangun menara telekomunikasi baru, namun untuk wilayah yang belum mempunyai rencana pembangunan hal ini menjadi masalah yang sangat serius.

Penataan menara telekomunikasi merupakan proses *master plan* yang harus sesuai berdasarkan estetika dan tata ruang wilayah suatu daerah guna mendapatkan menara yang optimal di suatu wilayah. Dengan *cell planning* ini mengatur pemanfaatan zona menara yang eksisting atau yang akan membangun menara baru.

Dengan menggunakan implementasi metode *ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la realite)* kita dapat menentukan prioritas lokasi yang berpotensi untuk dibangun menara baru untuk visualisasi wilayahnya dengan menggunakan perangkat lunak berupa MapInfo, sehingga kita bisa menggambarkan pada peta digital lokasi-lokasi penempatan zona menara yang eksisting maupun zona menara baru.

Hasil yang didapatkan adalah pada tahun 2015 terdapat 264 menara dengan total jumlah BTS sebanyak 475 buah. Dan untuk total jumlah kebutuhan tahun 2020 yakni 591 BTS dan 298 menara. Sehingga diperlukan penambahan 116 BTS dan 34 menara telekomunikasi bersama yang tersebar di 12 kecamatan di Kabupaten Gresik.

Kata Kunci: *Cell Planning, BTS, Metode ELECTRE, MapInfo, Menara Telekomunikasi Bersama*

CELL PLANNING THE NEW ZONE OF CELLULAR TELECOMMUNICATION TOWER IN GRESIK WITH ELECTRE METHOD

Name : Banyu Bening Gumilar
Supervisor : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

ABSTRAK

Telecommunication users has the addition along with the rapid development of telecommunication technology, the provider or operator vying to provide the best service, for example by building a new telecommunication tower, but for areas that do not have a development plan it is becoming a serious problem.

Structuring telecommunication tower is masterplan process which must be in accordance with aesthetics and government regulation in order to get optimal tower in an area. Cell planning regulate the use of existing or new tower zone.

By using one of the main multi attribute decision making (MADM) that is implementation of ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la realite) Method, we can determain the priority locations which has the potential to build a new tower. For area visualizations by using Geographic Information System (GIS) that is MapInfo, so we can to illustrates on digital map the locations of existing or new tower zone.

The result is a total 591 base stations required for in 2020 and number of joint telecommunications towers with as many as 298 towers. Thus the required addition are 116 more base stations and 34 telecommunications towers which are spread in 12 areas in Gresik district.

Keyword: Cell Planning, Base Station, Joint Tower, ELECTRE method, MapInfo.

KATA PENGANTAR

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa syukur ke hadirat Alloh SWT yang telah memberikan petunjuk, kemudahan, kemurahan dan kasih sayang-Nya serta tidak lupa ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan selama proses penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak Nana Suryana Suganda S.Pd dan Ai Mulyani S.Pd , M.Pd yang tak henti-hentinya selalu memberikan do'a, motivasi, perhatian dan kasih sayang kepada penulis.
2. Keluarga LJ Genap Telekomunikasi dan Multimedia, teman-teman dari Lab B304, B306 dan B301, terimakasih banyak.
3. Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan ilmu yang tak ternilai harganya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Dr. Eng. Ardyono Priyadi, ST, M Eng. selaku ketua jurusan Teknik Elektro ITS serta seluruh dosen Teknik Elektro ITS yang telah memberikan ilmunya kepada penulis. Terima kasih banyak atas ilmu dan pendidikannya.
5. Dinas Pendapatan Kabupaten Gresik yang bersedia memberikan data menara eksisting untuk Tugas Akhir ini.
6. Rekan-rekan seperjuangan, Keluarga LJ genap S1 Teknik elektro serta teman-teman seperjuangan dari D3 yang menjadi keluarga penulis selama kuliah di Jurusan Teknik Elektro. Serta semua pihak yang telah banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam Tugas Akhir ini terdapat banyak kekurangan. Akhir kata semoga ini dapat bermanfaat bagi kita sekalian. Amiiin.

Surabaya, September 2015

Penulis.

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| PERNYATAAN KEASLIAN | 3 |
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| ABSTRAK | ii |
| ABSTRAK | iv |
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan | 2 |
| 1.4 Metodologi Penelitian | 3 |
| 1.5 Sistematika Penulisan | 4 |
| 1.6 Relevansi atau Manfaat | 5 |
| BAB II TEORI PENUNJANG | 7 |
| 2.1 Sistem Telekomunikasi Selular | 7 |
| 2.1.1 Konsep Sel | 9 |
| 2.1.2 Tipe Sel | 10 |
| 2.1.3 Konsep Pengulangan Frekuensi (<i>Reuse Frequency</i>) | 11 |
| 2.1.4 Saat Peralihan (<i>Handover</i>) | 12 |
| 2.1.5 Topologi Wilayah | 13 |
| 2.1.6 Teori Dasar Trafik | 14 |
| 2.1.7 Teknologi GSM (Global System for Mobile Communication) | 15 |

| | | |
|--------|---|----|
| 2.1.8 | Code Division Multiple Acces (CDMA)..... | 18 |
| 2.2 | Menara Telekomunikasi Selular | 18 |
| 2.2.1 | Jenis-jenis Menara | 18 |
| 2.2.2 | Menara Telekomunikasi Selular | 20 |
| 2.3 | Landasan Hukum | 21 |
| 2.4 | Klasifikasi Zona Menara..... | 22 |
| 2.5 | Multi Attribute Decision Making (Metode ELECTRE) | 23 |
| BAB 3 | METODE PERENCANAAN | 29 |
| 3.1 | Menentukan Daerah Penelitian | 30 |
| 3.2 | Pengumpulan Data | 31 |
| 3.3 | Data Persebaran Menara Eksisting | 32 |
| 3.4 | Data Statistik Penduduk | 32 |
| 3.5 | Data Pertumbuhan Penggunaan Layanan Selular | 33 |
| 3.6 | Peta Digital | 33 |
| 3.7 | Metode Pengolahan Data | 34 |
| 3.7.1. | Pengolahan Data Menggunakan <i>Ms. Excel</i> | 34 |
| 3.7.2. | Menentukan Radius Sel | 39 |
| 3.8 | Implementasi Metode ELECTRE (Elimination Et Choix TRaduisant la realite) | 43 |
| 3.8.1 | Menentukan Kriteria Lokasi Potensial | 43 |
| 3.8.2 | Pembobotan Setiap Kriteria..... | 45 |
| 3.8.3 | Rating Kecocokan | 47 |
| 3.8.4 | Matriks Keputusan Ternormalisasi R | 48 |
| 3.8.5 | Mencari Matriks V | 48 |
| 3.8.6 | Menentukan Himpunan Concordance Index dan Discordance index | 50 |

| | | |
|------------------------------------|---|----|
| 3.8.7 | Menentukan Matriks Concordance dan Discordance Index | 50 |
| 3.8.8 | Menentukan Matriks Concordance dominan dan Discordance dominan..... | 51 |
| 3.8.9 | Menentukan Matriks Agregasi..... | 52 |
| 3.8 | Pengolahan Peta Digital | 53 |
| BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN | | 56 |
| 4.1 | Persebaran Menara Eksisting | 56 |
| 4.1.1 | Visualisasi Titik Menara Eksisting | 58 |
| 4.1.2 | Visualisasi Zona Menara Eksisting..... | 60 |
| 4.2 | Perencanaan Kebutuhan Menara Baru Telekomunikasi Bersama..... | 63 |
| 4.2.1 | Perhitungan Estimasi Jumlah Pengguna Layanan Seluler..... | 63 |
| 4.2.2 | Perhitungan kapasitas Total Trafik dan Estimasi Kebutuhan BTS..... | 64 |
| 4.2.3 | Perhitungan Kebutuhan Menara Baru..... | 67 |
| 4.3 | Hasil Implementasi Metode <i>ELECTRE</i> | 68 |
| 4.4 | Penentuan Lokasi Potensial Zona Menara Baru Prioritas Utama | 70 |
| 4.4.1 | Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWPI) | 70 |
| 4.4.2 | Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWPPII)..... | 71 |
| 4.4.3 | Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWPPIII) | 72 |
| 4.4.4 | Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWPPIV) | 73 |
| 4.4.5 | Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik | 74 |
| 4.4.6 | Visualisasi Zona Menara Baru | 75 |
| BAB 5 | | 81 |
| PENUTUP | | 81 |

| | | |
|--|------------------|----|
| 5.1 | Kesimpulan | 81 |
| 5.2 | Saran | 82 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 83 |
| LAMPIRAN A | | 84 |
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR | | 84 |
| LAMPIRAN B | | 86 |
| LAMPIRAN C PERSEBARAN ZONA MENARA BARU | | 87 |
| LAMPIRAN D | | 88 |
| TABEL ERLANG B | | 88 |
| LAMPIRAN E | | 89 |
| RIWAYAT PENULIS | | 91 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|--------|
| Gambar 2. 1 Sistem Komunikasi Bergerak Konvensional [1] | 8 |
| Gambar 2. 2 Bentuk Sel Telekomunikasi..... | 10 |
| Gambar 2. 3 Ilustrasi Tipe-tipe Sell Telekomunikasi..... | 11 |
| Gambar 2. 4 Ilustrasi Pengulangan Frekuensi | 11 |
| Gambar 2. 5 <i>Handover</i> pada Telekomunikasi Bergerak | 12 |
| Gambar 2. 6 Konfigurasi Teknologi GSM | 15 |
| Gambar 2. 7 Menara Mandiri..... | 18 |
| Gambar 2. 8 Menara Teregang..... | 19 |
| Gambar 2. 9 Menara Tunggal | 20 |
| Gambar 2. 10 Menara Kamuflase..... | 20 |
| Gambar 2. 11 Menara Telekomunikasi Bersama | 21 |
| Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian | 29 |
| Gambar 3. 2 Peta Wilayah Kabupaten Gresik [7] | 31 |
| Gambar 3. 3 Pengguna Telepon Selular Indonesia Pada Tahun 2010 dalam persen [8]..... | 33 |
| Gambar 3. 4 Peta Digital Kabupaten Gresik yang diolah Menggunakan <i>MapInfo Pro 10</i> [9] | 34 |
| Gambar 3. 5 Tabel Erlang B..... | 39 |
| Gambar 3. 6 Daya terima MS dari <i>software Antennas</i> | 41 |
| Gambar 3. 7 Skema Pengerjaan Metode <i>ELECTRE</i> | 43 |
| Gambar 3. 8 Contoh Tampilan Pada <i>MapInfo</i> | 53 |
| Gambar 4. 1 Peta Persebaran Menara Eksisting di Kepulauan Bawean Berbasis <i>MapInfo</i> | 58 |
| Gambar 4. 2 Peta persebaran Menara Eksisting di Kabupaten Gresik Berbasis <i>MapInfo</i> | 59 |
| Gambar 4. 3 Peta Persebaran Zona Menara Eksisting di Pulau Bawean | 61 |
| Gambar 4. 4 Peta Persebaran Zona Menara Eksisting di Kabupaten Gresik | 62 |
| Gambar 4. 5 Menentukan Trafik yang Dimiliki Tiap Sektor BTS | 65 |
| Gambar 4. 6 Sub Satuan Wilayah Pembangunan 1 (SSWPI) [14] | 70 |
| Gambar 4. 7 Sub Satuan Wilayah Pembangunan2 (SSWP II)[14]..... | 71 |
| Gambar 4. 8 Sub Satuan Wilayah Pembangunan3 (SSWP III)[14] | 72 |

Gambar 4. 9 Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWP-IV)[14]..... 73

Gambar 4. 10 Peta Persebaran Zona Biru Untuk Menara Baru di Pulau
bawean Kabupaten Gresik Berbasis *MapInfo*..... 76

Gambar 4. 11 Peta Persebaran Zona Biru Untuk Menara Baru di
Kabupaten Gresik Berbasis *MapInfo*..... 77

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 3. 1 Jumlah Penduduk, Laju Pertumbuhan Penduduk dan Kepadatan Penduduk Pada Tahun 2013 [7]. | 32 |
| Tabel 3. 2 Hasil perhitungan Prediksi Jumlah Penduduk | 36 |
| Tabel 3. 3 Radius Zona Menara Eksisting untuk Jaringan Seluler dengan layanan 2G | 41 |
| Tabel 3. 4 Radius Zona Menara Eksisting untuk Jaringan Seluler dengan layanan 3G | 42 |
| Tabel 3. 5 Inisialisasi Kriteria Pada setiap Alternatif..... | 44 |
| Tabel 3. 6 Deskripsi untuk Kriteria RTRW (C3) | 44 |
| Tabel 3. 7 Bilangan <i>Crisp</i> yang telah dikonversikan dari bilangan <i>fuzzy</i> | 45 |
| Tabel 3. 8 Pembobotan Kepadatan Penduduk (C1)..... | 46 |
| Tabel 3. 9 Pembobotan Jumlah BTS Eksisting | 46 |
| Tabel 3. 10 Pembobotan Nilai | 47 |
| Tabel 3. 11 Rating Kecocokan | 47 |
| Tabel 3. 12 Matriks Ternormalisasi R | 48 |
| Tabel 3. 13 Penentuan Bobot Kriteria/Bobot preferensi | 49 |
| Tabel 3. 14 Hasil perhitungan Matriks V | 49 |
| Tabel 4. 1 Persebaran Menara Telekomunikasi Eksisting di Kabupaten Gresik | 56 |
| Tabel 4. 2 Perhitungan Estimasi Jumlah Pengguna Layanan seluler | 63 |
| Tabel 4. 3 Total Kebutuhan Trafik yang Dibangkitkan Pada Tahun 2020 | 66 |
| Tabel 4. 4 Jumlah Kebutuhan BTS Untuk Tahun 2020 | 67 |
| Tabel 4. 5 Jumlah Kebutuhan Menara Pada Tahun 2020 | 68 |
| Tabel 4. 6 Hasil Rangking Matriks Agregasi dominan | 69 |

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Evolusi teknologi dan industri telekomunikasi telah mengalami kemajuan yang sangat pesat, dari kebutuhan perangkat telekomunikasi suara (*voice*) komunikasi data, gambar dan video membentuk komunikasi multimedia. Komunikasi multimedia sudah menjadi keharusan dan ini dimungkinkan karena telah terjadinya konvergensi beberapa layanan seperti *voice*, data, gambar, dan video. Telah banyak aplikasi layanan telekomunikasi yang banyak dinikmati *user* akibat dari konvergensi layanan yang terjadi. Aplikasi layanan telekomunikasi yang pada awalnya hanya layanan *fixed* sekarang ini telah dituntut untuk dapat dinikmati menggunakan perangkat bergerak seperti PDA atau *laptop*. Melihat dari kebutuhan *user* yang banyak tersebut penyedia jaringan telekomunikasi juga berlomba-lomba untuk meningkatkan jaringan telekomunikasinya sehingga menara telekomunikasi di bangun terus menerus sesuai dengan banyaknya permintaan *user* oleh karena itu pembangunan menara telekomunikasi di Indonesia menjadi sebuah permasalahan karena jumlah persebarannya yang tidak terkontrol sehingga dikeluarkan peraturan menteri komunikasi dan informatika nomor : 02/PER/M.KOMINFO/3/2008 tentang Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Menara Bersama Telekomunikasi dimana yang di maksud dengan Menara Telekomunikasi Bersama ialah bahwa satu menara telekomunikasi harus di isi lebih dari satu operator.

Dengan adanya peraturan tersebut diharapkan bisa menekan persebaran jumlah menara telekomunikasi di Indonesia namun tidak mengurangi layanan yang diberikan oleh masing-masing operator. Permasalahan lain yang muncul adalah sulitnya menentukan lokasi menara yang strategis, tidak sedikit menara telekomunikasi yang dibangun dipemukiman yang padat selain mengganggu nilai estetika kota juga dapat membahayakan bagi penduduk yang ada disekitar menara tersebut. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan dalam menentukan lokasi yang potensial bagi menara baru agar dapat menjangkau semua wilayah dan tetap aman bagi warga serta ramah terhadap lingkungan sekitar. Metode perencanaan yang digunakan adalah dengan Metode *ELECTRE* sebagai metode pengambilan keputusan penentuan prioritas lokasi menara yang akan dibangun kemudian menentukan jumlah kebutuhan menara baru untuk lima tahun yang akan datang dan

selanjutnya dilakukan visualisasi menara baru pada peta digital dengan menggunakan perangkat lunak *MapInfo*. Dimana di dalamnya mengacu pada regulasi yang berlaku, memperhatikan manfaatnya serta keberlangsungan menara tersebut, keselamatan dan nilai estetikanya.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang timbul dan akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana menentukan prioritas lokasi untuk pendirian menara baru dengan menggunakan metode *ELECTRE* ?
2. Bagaimana merencanakan dan menentukan kebutuhan menara telekomunikasi bersama hingga 5 tahun ke depan di wilayah Kabupaten Gresik ?
3. Bagaimana menentukan lokasi potensial menara telekomunikasi bersama yang sesuai dengan kebutuhan dan RTRW Kabupaten Gresik dengan memperhatikan menara dan BTS yang sudah ada ?
4. Bagaimana merencanakan dan menentukan lokasi untuk menara baru telekomunikasi bersama ?

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, permasalahan di atas dibatasi dengan asumsi sebagai berikut:

1. Daerah yang dijadikan objek penelitian yakni Kabupaten Gresik Jawa Timur
2. Menerapkan metode *ELECTRE* dalam menentukan prioritas lokasi yang potensial untuk pendirian menara baru telekomunikasi bersama
3. Perhitungan kebutuhan menara baru telekomunikasi bersama menggunakan teori kapasitas trafik
4. *Toolbox* yang digunakan untuk simulasi adalah *Microsoft Excel* dan aplikasi *MapInfo profesional V.10*.
5. Data eksisting pemancar berupa operator *provider* telekomunikasi di kabupaten Gresik.

1.3 Tujuan

Penelitian pada tugas akhir ini memiliki maksud dan tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui jumlah kebutuhan menara telekomunikasi bersama hingga lima tahun ke depan untuk wilayah Kabupaten Gresik.

2. Mengetahui letak lokasi potensial bagi menara telekomunikasi bersama dan BTS baru
3. Mengatur atau mengendalikan pembangunan menara.
4. Mewujudkan menara yang fungsional, efektif, efisien, dan tidak mengurangi nilai estetika.
5. Mewujudkan ketertiban dalam penyelenggaraan menara yang menjamin keandalan teknis menara dari segi kesehatan dan keselamatan kerja serta kenyamanan.
6. Mewujudkan kepastian dan ketertiban hukum dalam penyelenggaraan menara.

1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur
 - a) Mencari dan mempelajari pustaka mengenai konsep dasar sistem komunikasi seluler dan perencanaan sel
 - b) Mempelajari teknik pengambilan keputusan dengan menggunakan metode ELECTRE
 - c) Mempelajari teknik pemetaan dengan menggunakan perangkat lunak *MapInfo* V.10.
2. Perencanaan seluler
 - a) Menentukan prioritas lokasi yang potensial bagi menara baru.
 - b) Menghitung kapasitas trafik dan jumlah menara baru untuk kebutuhan 5 tahun ke depan
 - c) Melakukan pemetaan terhadap zona menara eksisting dan zona menara baru
3. Pengumpulan dan Analisa Data
 - a) Proses pengambilan data yang dilakukan dengan mengajukan permohonan ijin bantuan data ke Pemerintah Daerah Kabupaten Gresik untuk mendapatkan data persebaran menara eksisting yang dibutuhkan.
 - b) Melakukan simulasi metode *ELECTRE* guna mengetahui lokasi yang memiliki potensi tinggi untuk pendirian menara baru telekomunikasi bersama
 - c) Melakukan proses perhitungan meliputi kebutuhan BTS untuk 5 tahun ke depan
 - d) Melakukan pemetaan menara baru telekomunikais bersama dengan menggunakan perangkat lunak *MapInfo* V.10.

4. Penyusunan Laporan Penelitian tugas akhir, meliputi :
 - BAB I : Pendahuluan
 - BAB II : Teori Penunjang
 - BAB III : Metode pengumpulan data, simulasi sistem pendukung keputusan, pemetaan, perhitungan kapasitas trafik dan prediksi pertumbuhan penduduk.
 - BAB IV : Analisa data dan pembahasan
 1. Pengolahan dan analisa data
 2. Pemetaan
 - BAB V : Penutup
 1. Kesimpulan
 2. Saran
5. Penarikan Kesimpulan
Merupakan penarikan kesimpulan dari penelitian perencanaan kebutuhan menara telekomunikasi untuk kabupaten Gresik.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan latar belakang permasalahan, penegasan dan alasan pemilihan judul, pembatasan masalah, tujuan penelitian, dan relevansi serta manfaat dari tugas akhir ini.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini diuraikan teori dasar yang menunjang tugas akhir ini yaitu mengenai konsep sistem teknologi GSM, teknologi CDMA, teori dasar trafik sistem, regulasi dan metode *ELECTRE*.

BAB III PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Pada bab ini menjelaskan perancangan sitem, dan implementasi menentukan jumlah menara yang dibutuhkan pada tahun 2020, Bagaimana cara perhitungan zona menara baru dengan menggunakan metode *ELECTRE*.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas proses jumlah perhitungan menara yang dibutuhkan pada tahun 2020, dan menentukan zona menara baru dengan metode *ELECTRE* yang telah dibahas pada bab III, untuk mendapat hasil sesuai dengan tujuan tugas akhir.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis data pada bab IV dan saran yang bisa ditambahkan pada penelitian selanjutnya.

1.6 Relevansi atau Manfaat

Hasil yang diperoleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat berikut:

1. Memberi zona menara baru yang ideal untuk 5 tahun mendatang dari tahun 2015.
2. Dengan adanya *master plan* zona menara baru diharapkan pemerintah lebih bisa memperhatikan daerah yang akan dibangun tanpa mempengaruhi atau mengganggu kearifan lokal daerah tersebut.
3. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi pada kemajuan teknologi komunikasi seluler di Indonesia.
4. Mencegah pembangunan menara telekomunikasi yang tak sesuai dengan RTRW tahun 2012-2032. Dapat memudahkan pemerintah daerah dalam menentukan kebijakan mengenai pembangunan menara telekomunikasi bersama.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Sistem Telekomunikasi Selular

Sistem Telekomunikasi selular adalah sistem telekomunikasi tanpa kabel (nirkabel) yang menggunakan gelombang radio sebagai media pembawanya, dengan sel berbentuk seperti segienam. Jika dilihat secara umum sistem seluler bisa diklasifikasikan sebagai berikut:

a. Teknologi seluler analog

Beberapa tipe sistem seluler analog yang ada saat ini antara lain:

- TACS *United Kingdom, Ireland*
- NMT 450 dan NMT 900 Scandinavia, Benelux, Spain, Austria.
- C450 Germany
- RTMS Italy
- Radio Com 2000 France
- AMPS

Di antara sistem analog tersebut, sistem AMPS memiliki teknologi yang lebih unggul, terutama bila ditinjau dari kapasitas kanal kendali dan laju transmisinya. Di Indonesia sendiri sistem AMPS ini telah dijadikan sebagai STB nasional sejak tahun 1989.

b. Teknologi selular Digital

Dalam perkembangan selanjutnya, dimana peningkatan efisiensi pemanfaatan spectrum dan kualitas serta jenis layanan merupakan hal yang sangat dibutuhkan, penerapan teknologi selular digital menjadi pertimbangan utama. Alasan utama dari penerapan teknologi digital ini adalah:

- Sinyal digital *relative* lebih kebal dari pada sinyal analog.
- Perangkatnya cenderung lebih murah, seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi digital.
- Dengan adanya teknik-teknik modulasi digital yang hemat spectrum, maka kapasitas sistem dapat lebih ditingkatkan.
- Jenis-jenis layanan baru bisa diperoleh, terutama bila berintegrasi dengan ISDN.
- Keamanan *relative* lebih baik.

Untuk sistem yang sedang beroperasi di Indonesia adalah GSM (berdasarkan surat keputusan Dirjen Postel No.4243/Dirjen/1993 tanggal 14 oktober 1993, yang mengesahkan implementasi GSM di Batam-Bitan sebagai proyek STBD). [1]

Ditinjau dari segi daerah jangkauan (*coverage*), maka sistem komunikasi bergerak dapat dibedakan menjadi dua macam diantaranya yaitu:

1. Sistem Konvensional (*Large Zone*)

Pada sistem ini *base station* melayani wilayah yang sangat luas dengan radius 40 km. Keuntungan dari sistem ini adalah relative mudah dalam hal *switching*, *charging* dan transmisi. Sedangkan kekurangannya:

a) Kesanggupan Pelayanan Terbatas

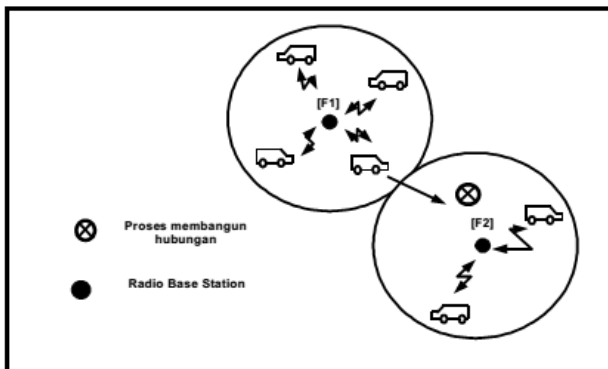
Daya yang dipancarkan harus besar dan antenna harus tinggi. Selain itu area pelayanan dibatasi oleh kelengkungan bumi. Ketika *user* sedang melakukan pembicaraan dan keluar dari suatu wilayah pelayanan, maka pembicaraan terputus karena tidak memiliki fasilitas *handoff* dan harus dilakukan inisialisasi ulang.

b) Unjuk kerja pelayanan kurang baik

Sistem konvensional ini hanya memiliki jumlah kanal yang sedikit, sehingga *blocking* menjadi sangat besar.

c) Tidak efisien dalam penggunaan *Bandwidth*

Tidak menggunakan pengulangan frekuensi sehingga jumlah kanalyang dialokasikan pada setiap sel akan sangat kecil.



Gambar 2. 1 Sistem Komunikasi Bergerak Konvensional [1]

2. Sistem Selular (*Multi Zone*)

Dalam sistem ini pelayanan dibagi menjadi daerah-daerah yang lebih kecil disebut sebagai sel dan setiap sel dilayani oleh sebuah RBS (*Radio Base Station*). Antara RBS masing-masing sel saling terintegrasi dan dikendalikan oleh suatu MSC (*Mobile Switching Centre*). Prinsip dasar dari arsitektur sistem selular adalah:

- Pemancar mempunyai daya pancar yang rendah dan cakupan yang kecil.
- Menggunakan prinsip penggunaan kembali frekuensi (*Frequency Reuse*).
- Pemecahan sel (*Cell Splitting*) pada sel yang telah jenuh dengan *user*.

Sistem ini memiliki banyak keuntungan dibandingkan sistem konvensional, yaitu:

1. Kapasitas *user* lebih besar.
2. Efisien dalam penggunaan pita frekuensi karena memakai prinsip pengulangan frekuensi.
3. Kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap kepadatan lalu lintas atau trafik karena sel dapat dipecah.
4. Kualitas pembicaraan baik karena tidak sering terputus.
5. Kemudahan bagi pemakai.

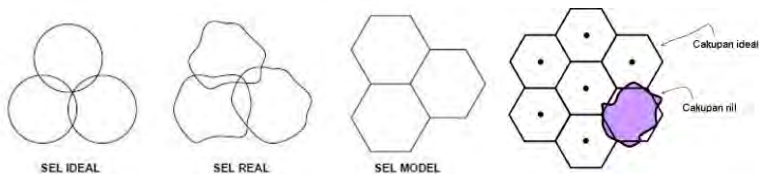
2.1.1 Konsep Sel

Konsep dasar suatu sistem selular adalah pembagian pelayanan menjadi daerah-daerah kecil yang disebut dengan sel, dimana setiap sel mempunyai daerah cakupannya masing-masing yang beroperasi secara khusus. Suatu sel pada dasarnya merupakan pusat komunikasi radio yang berhubungan dengan MSC (*Mobile Switching Center*) yang mengatur panggilan masuk. Jangkauan pengiriman sinyal pada sistem komunikasi bergerak selular dapat diterima dengan baik tergantung pada kuatnya sinyal batasan sel para pemakainya, adapun faktor yang lain yang dapat menjadi kendala dalam penerimaan sinyal yang baik yaitu faktor alam (geografis). Ukuran sel pada sistem komunikasi selular dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut:

1. Kepadatan trafik yang muncul

2. Daya pemancar, yaitu *Base Station* (BTS) dan *Mobile Station* (MS).
3. Faktor alam seperti udara, laut, gunung, gedung dan lain sebagainya.

Bentuk jaringan sistem selular berkaitan dengan luas cakupan daerah pelayanan. Bentuk sel yang terdapat pada sistem komunikasi bergerak selular digambarkan dengan bentuk hexagonal dan lingkaran seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Namun secara prinsip bentuk sel yang sebenarnya tergantung pada keadaan geografis sehingga membentuk suatu sel yang tidak beraturan karena sudah terpengaruhi oleh faktor alam (geografis). Akan tetapi bentuk hexagonal dipilih sebagai bentuk pendekatan jaringan selular, karena dari sel yang lebih sedikit dengan bentuk hexagonal diharapkan dapat mencakup seluruh wilayah pelayanan.



Gambar 2. 2 Bentuk Sel Telekomunikasi

2.1.2 Tipe Sel

Berdasarkan daerah cakupannya, sel di bagi menjadi beberapa tipe. Dimana masing-masing tipe memiliki luas cakupan daerah yang berbeda-beda. Berikut dibawah ini akan dijelaskan mengenai tipe-tipe sel:

1. *Large cell (Macro cell)* yang diterapkan untuk daerah layanan yang luas dengan kapasitas lalu lintas rendah (*rural area*). Sel ini mampu meliputi daerah cakupan sampai dengan radius 30 km.
2. *Small/mini cell* yang dapat memberikan layanan untuk lalu lintas yang cukup tinggi seperti *sub-urban area*, dengan daerah cakupan sampai 10 km.
3. *Micro cell* dengan satu dimensi (untuk daerah sepanjang pelabuhan dan jalan raya) dan *micro cell* dengan dua dimensi (untuk daerah yang mempunyai blok-blok seperti dikelilingi gedung-gedung

tinggi). Jeni sel ini digunakan untuk melayani daerah dengan lalu lintas yang sangat tinggi seperti *urban area* dan mempunyai daerah cakupan pada radius 1 km.

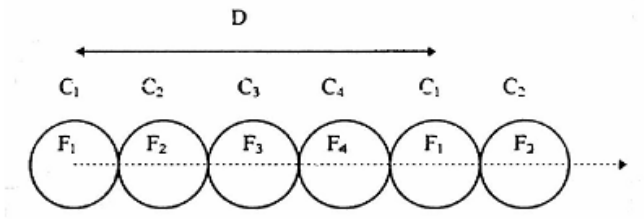
4. *Pico cell* yang digunakan untuk melayani lalu lintas yang ada didalam gedung (*indoor*) dengan radius daerah cakupan 30 m.



Gambar 2. 3 Ilustrasi Tipe-tipe Sell Telekomunikasi

2.1.3 Konsep Pengulangan Frekuensi (*Reuse Frequency*)

Sebuah kanal radio terdiri dari sepasang frekuensi, masing-masing arah memakai satu frekuensi untuk keperluan komunikasi *full duplex*. Dalam sistem selular, suatu kanal frekuensi F_1 yang digunakan dalam sel C_1 dengan jari-jari cakupan R , dapat digunakan kembali di sel lain yang terpisah sejauh D terhadap sel tersebut seperti pada gambar 2.4.



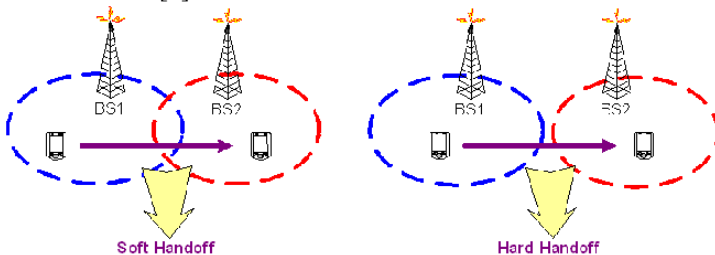
Gambar 2. 4 Ilustrasi Pengulangan Frekuensi

Pengulangan frekuensi merupakan inti dari konsep sistem radio selular. Dengan menggunakan sistem pengulangan frekuensi maka

pemakai yang berada di wilayah lain dapat secara simultan menggunakan frekuensi yang sama. Kedua sel yang sama tersebut disebut dengan *co-channel*. Dengan demikian pengulangan frekuensi dapat meningkatkan efisiensi penggunaan spectrum frekuensi, akan tetapi apabila sistem tersebut tidak dirancang dengan baik dapat menimbulkan interferensi yang merupakan masalah utama dalam sistem selular. Interferensi yang berasal dari sumber sel lain yang menggunakan frekuensi yang sama disebut interferensi *co-channel*.

2.1.4 Saat Peralihan (*Handover*)

Pada komunikasi bergerak, setiap user memiliki tingkat mobilitas yang tinggi. Ada kemungkinan *user* bergerak dari satu sel menuju sel lain yang memakai pasangan frekuensi yang berbeda ketika sedang terjadi percakapan. Untuk menjamin bahwa pembicaraan akan terus tersambung diperlukan fasilitas *handoff* yaitu proses otomatis pergantian frekuensi ketika *mobile station* (MS) bergerak ke dalam daerah atau sel yang mempunyai kanal dengan frekuensi berbeda dengan sel sebelumnya, sehingga pembicaraan dijamin akan terus tersambung tanpa perlu melakukan pemanggilan kembali atau inisialisasi ulang. Jika proses perubahan pelayanan atau peng-*handle*-an terjadi pada saat MS sedang bebas (tidak melakukan *call*) maka proses itu disebut *location update*, bukan *handover*. [1]



Gambar 2. 5 *Handover* pada Telekomunikasi Bergerak

Mekanisme *handover* dapat dibagi menjadi 2, yaitu:

1. *Make Before Break*, pada mekanisme ini, sebelum MS terhubung dan dilayani oleh BTS yang baru, maka hubungan dengan BTS lama tidak akan diputus. Hubungan dengan BTS lama hanya akan diputus bila hubungan dengan BTS baru sudah dapat dilakukan. Mekanisme ini

dapat dilihat pada gambar 2.5, mekanisme ini dikenal juga dengan *soft Handover*.

2. *Break Before Break Make*, pada mekanisme ini MS akan memutuskan hubungan dengan BTS lama walaupun hubungan dengan BTS baru belum tercapai. Akibatnya akan ada suatu periode waktu yang singkat dimana MS tidak dilayani oleh BTS manapun. *User* akan merasakan akibat dari hal ini dalam bentuk terputusnya pembicaraannya sesaat.

Bila dilihat dari lingkup perpindahannya, maka *handover* bisa dibagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. *Handover Intra BSC*, yaitu perpindahan *handling* suatu MS dari satu BTS ke BTS lain, dimana kedua BTS tersebut terhubung ke satu BSC yang sama.
2. *Handover Inter BSC*, yaitu perpindahan *handling* suatu MS dari satu BTS ke BTS lain, dimana kedua BTS tersebut terhubung ke dua BSC yang berbeda, tapi masih dalam satu MSC yang sama.
3. *Handover Inter MSC*, yaitu perpindahan *handling* suatu MS dari satu BTS ke BTS lain, dimana kedua BTS tersebut terhubung ke dua BSC yang berbeda, dan masing-masing BSC terhubung ke MSC yang berbeda juga.

2.1.5 Topologi Wilayah

Untuk melakukan sebuah perencanaan sel tentunya harus mengetahui keadaan topologi wilayah tersebut, dengan topologi wilayah akan mengelompokkan menjadi beberapa kategori berdasarkan kepadatan penduduk, perilaku penduduk dan kondisi lingkungannya. Untuk morfologi areanya dikelompokkan menjadi 4 kategori yaitu:

1. *Urban*
 - ✓ *Urban very high rise*, yaitu suatu wilayah yang mempunyai kepadatan penduduk yang tinggi, jalanan satu arah dengan laju lalu lintas yang padat, terdapat banyak gedung-gedung tinggi pencakar langit dengan ketinggian hingga puluhan lantai.
 - ✓ *Urban high rise*, suatu wilayah yang memiliki beberapa gedung-gedung tinggi disekitarnya dan lalu lintas kendaraan yang lumayan padat.

2. *Suburban*

Wilayah ini mempunyai karakteristik jalanannya yang luas dengan bangunan-bangunan disekitar yang rata-rata memiliki ketinggian kurang dari 3 lantai serta lalu lintas kendaraan yang rendah.

3. *Residential*

Wilayah ini dapat dideskripsikan dengan terdapatnya pemukiman penduduk dengan ketinggian satu atau dua lantai, jalanannya dua arah yang lebar serta lalu lintas kendaraan yang rendah.

4. *Rural*

Wilayah ini mempunyai karakteristik dengan rumah-rumah penduduk yang sederhana dikelilingi oleh perkebunan, ladang, sawah yang luas dan mempunyai lalu lintas kendaraan yang lumayan tinggi.

2.1.6 Teori Dasar Trafik

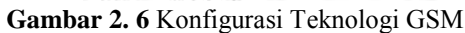
Trafik merupakan perpindahan informasi dari suatu tempat ke tempat lain melalui jaringan telekomunikasi. Besaran dari suatu trafik telekomunikasi diukur dengan satuan waktu. Nilai trafik dari suatu kanal adalah lamanya pendudukan pada kanal tersebut. Trafik pada telepon dibangkitkan oleh sejumlah pelanggan, dalam suatu proses pemanggilan mulai dari saat pemanggil mengangkat *hand-set* pesawat telepon, menekan atau memutar nomor telepon yang dituju, penyambungan di level sentral sehingga tiap peralatan dapat diidentifikasi lama waktu pemakaiannya (besar trafiknya). Tujuan dari perhitungan trafik adalah untuk mengetahui *Network performance dan Quality of service (QOS)*.

Semakin banyak trafik yang dihasilkan, maka akan semakin banyak juga *base station* yang diperlukan untuk melayani pelanggan. Jumlah stasiun dasar untuk jaringan selular yang sederhana adalah sama dengan jumlah sel. Untuk dapat mencapai tujuan yang memuaskan dengan semakin meningkatnya populasi pelanggan maka harus meningkatkan jumlah sel di daerah yang bersangkutan, sehingga akan meningkatkan jumlah *base station*. Volume trafik adalah jumlah waktu dari masing-masing pendudukan pada seluruh saluran telekomunikasi. Volume trafik dapat ditentukan dengan mengalikan jumlah panggilan dengan waktu rata-rata pendudukan [2].

$$A = \frac{V}{T} \quad (2.1)$$

T = Periode Waktu Pengamatan (menit)

GSM merupakan teknologi yang dapat mentransmisikan *voice* dan data, namun dengan *bit rate* yang masih rendah yaitu sekitar 9,6 kbps untuk data dan 3 kbps untuk *voice*. GSM menggunakan teknologi *circuit switch* dimana setiap satu kanal dimiliki oleh satu *user* selama proses komunikasi terjadi. Untuk konfigurasinya dapat dilihat pada gambar 2.6.



b. *Base Transceiver Station* (BTS)

BTS merupakan perangkat pemancar dan penerima yang memberikan pelayanan radio kepada MS. Dalam BTS terdapat kanal trafik yang digunakan untuk komunikasi.

c. *Transcoder (XCDR)*

Transcoder berfungsi untuk translasi MSC DARI 64 Kbps menjadi 16 Kbps dan juga untuk efisiensi kanal trafik.

3. *Network Switching System*

Berfungsi sebagai *switching*, manajemen jaringan dan antar muka antar jaringan GSM dengan jaringan lainnya. Komponen NSS pada jaringan GSM terdiri dari:

a. *Mobile Switching System (MSC)*

MSC didesain sebagai *Switch Integrated Service Digital Network (ISDN)* yang dimodifikasi agar berfungsi untuk jaringan selular. MSC juga dapat menghubungkan jaringan selular dengan jaringan *fixed*.

b. *Home location Register (HLR)*

HLR merupakan *database* yang berisi data-data pelanggan tetap, berupa layanan pelanggan, service tambahan serta informasi mengenai lokasi pelanggan yang paling akhir.

c. *Visitor Location Register*

VLR merupakan *database* yang berisi informasi sementara mengenai pelanggan terutama mengenai lokasi dari pelanggan pada cakupan are jaringan.

d. *Authentic Center (AuC)*

AuC berisi *database* yang menyimpan informasi rahasia yang disimpan dalam bentuk format kode. AuC digunakan untuk mengontrol penggunaan jaringan yang sah dan mencegah pelanggan yang melakukan kecurangan.

e. *Equipment Identity Register (EIR)*

Merupakan *database* terpusat yang berfungsi untuk validasi *International Mobile Equipment Identity (IMEI)*.

f. *Inter Working Function (IWF)*

Berfungsi sebagai *interface* antara jaringan GSM dengan jaringan ISDN.

g. *Echo Celler*

Digunakan untuk hubungan dengan PSTN dan berfungsi untuk mengurangi *echo* (gema).

4. *Operation & Maintenance System* (OMS)

Bagian ini mengizinkan penyelenggaraan jaringan untuk membentuk dan memelihara jaringan dari lokasi sentral. OMS terdiri dari:

a. *Operation and Maintenance Centre* (OMC)

OMC sebagai pusat pengontrolan operasi dan pemeliharaan jaringan. Fungsi utamanya mengawasi alarm perangkat dan perbaikan terhadap kesalahan operasi.

b. *Network Management Centre* (NMC)

Berfungsi untuk pengontrolan operasi dan pemeliharaan jaringan yang lebih besar dari OMC.

Struktur kanal GSM 900/DCS 1800 Mhz dibagi menjadi dua yaitu kanal fisik kanal logika. Kanal fisik berhubungan secara khusus dengan kanal frekuensi radio dan *time slot*, sedangkan kanal logika erat hubungannya dengan informasi dan control data pensinyalan. Pada antarmuka udara GSM kanal fisik menggunakan teknik *multiplexing*, FDMA dan TDMA. FDMA membagi *range* frekuensi menjadi 124 kanal dengan lebar 200 khz. Setiap kanal menempati *time slot* dengan durasi 576,9 μ s maka untuk 8 *time slot* yang disebut sebagai *frame* memiliki durasi 4,615 ms. Selama terjadi percakapan suara yang telah dikodekan menjadi bit-bit akan dikirimkan setiap 4,615 ms secara periodic. Kanal fisik pada *frame* TDMA dengan durasi *time slot* sebesar 576,9 μ s akan membawa kanal logika. Kanal logika membawa informasi pelanggan dan kontrol data pensinyalan. Kanal-kanal logika yang berbeda memiliki tugas yang berbeda. Sebagian besar dari informasi yang ditransmisikan antara MS dan BTS, umumnya berupa informasi pelanggan (berupa suara atau data) dan kontrol data pensinyalan. Tergantung pada tipe informasi yang ditransmisikan pada kanal logika yang berbeda. Kanal logika ini membawa data *user*, baik bit informasi (suara/data) maupun pensinyalan pada MS atau BS [3].

2.1.8 Code Division Multiple Acces (CDMA)

CDMA adalah adalah sebuah bentuk dari pemultipleksan yang membedakan satu pengguna dengan pengguna lain berdasarkan kode-kode unik yang digunakan dalam proses *encoding*. Berbeda dengan sistem TDMA dengan mode panjamakan berdasarkan waktu atau FDMA yang berdasarkan frekuensinya. Dengan kata lain *Code Division Multiple Acces* adalah teknik akses jamak berdasarkan teknik komunikasi spectrum tersebar, pada kanal frekuensi yang sama dan dalam waktu yang sama digunakan kode-kode unik untuk mengidentifikasi masing-masing *user*. CDMA menggunakan kode-kode korelatif untuk membedakan satu *user* dengan *user* yang lain. Kode tersebut dikenai dengan *pseudo* acak (*pseudorandom*). Sinyal-sinyal CDMA itu pada penerima dipisahkan dengan menggunakan sebuah korelator yang hanya elakukan proses *dispreading* spectrum pada sinyal yang sesuai. Sinyal-sinyal lain yang kodenya tidak cocok, tidak di-*spread* dan sebagai hasilnya sinyal-sinyal lain itu hanya menjadi *noise interference* [3].

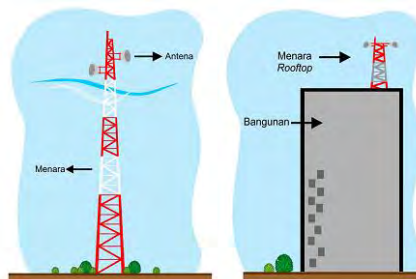
2.2 Menara Telekomunikasi Selular

2.2.1 Jenis-jenis Menara

Jika dilihat dari struktur bangunannya menara telekomunikasi dibagi menjadi beberapa jenis yaitu [4] :

1. Menara mandiri (*Self Supporting Tower*)

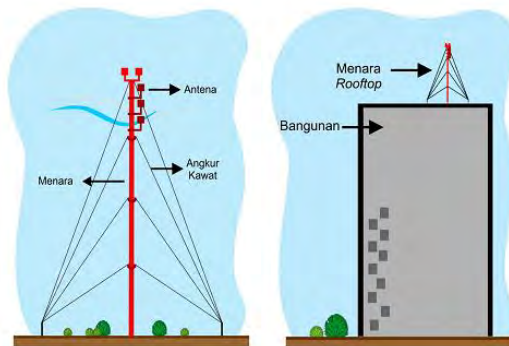
Menara mandiri merupakan menara dengan struktur rangka baja yang berdiri sendiri dan kokoh, sehingga mampu menampung perangkat telekomunikasi dengan optimal. Menara ini dapat didirikan di atas bangunan dan di atas tanah. Menara ini dapat berupa menara berkaki 4 (*rectangular tower*) dan menara berkaki 3 (*triangular tower*). Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Menara Mandiri

2. Menara Tegang (*Guyed Tower*)

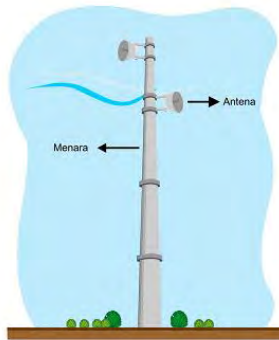
Menara tegang merupakan menara dengan struktur rangka baja yang memiliki penampang lebih kecil dari menara mandiri dan berdiri dengan bantuan perkuatan kabel yang diangkurkan pada tanah dan di atas bangunan. Menara tegang dapat berupa menara berkaki 4 (*Rectangular Tower*) dan menara berkaki 3 (*Triangular Tower*). Untuk ilustrasinya pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Menara Tegang

3. Menara Tunggal (*Monopole Tower*)

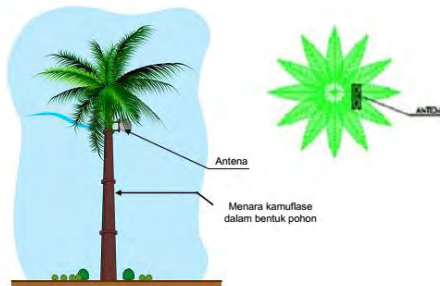
Menara tunggal merupakan menara yang hanya terdiri dari satu rangka batang atau tiang yang didirikan atau ditancapkan langsung pada tanah dan tidak dapat didirikan di atas bangunan. Berdasarkan penampangannya, menara *monopole* terbagi menjadi menara berpenampang lingkaran (*Celular Pole*) dan menara berpenampang persegi (*Tapered Pole*). Berikut ilustrasinya pada gambar 2.9. Menara tunggal berfungsi untuk komunikasi bergerak atau selular di daratan, komunikasi titik ke titik (*point to point communication*), jaringan telekomunikasi nirkabel, jaringan transmisi dan komunikasi radio gelombang mikro.



Gambar 2. 9 Menara Tunggal

4. Menara Kamufase

Merupakan bangunan menara untuk telekomunikasi yang dibangun dengan bentuk yang menyesuaikan dengan lingkungan sekitarnya dan tidak menampakan sebagai bangunan konvensional menara yang terbentuk dari simpul baja.



Gambar 2. 10 Menara Kamufase

2.2.2 Menara Telekomunikasi Selular

Menara Telekomunikasi bersama adalah menara telekomunikasi yang digunakan secara bersama-sama oleh penyelenggara telekomunikasi. Menara bersama dikategorikan menjadi dua jenis yaitu menara bersama eksisting yang merupakan menara yang ditempatkan di atas tanah secara bersama-sama digunakan minimal oleh 2 (dua) penyelenggara telekomunikasi dan menara bersama baru adalah menara

yang ditetapkan di atas tanah secara bersama-sama digunakan oleh minimal 3 (tiga) penyelenggara telekomunikasi.



Gambar 2. 11 Menara Telekomunikasi Bersama

Secara teknis masing-masing operator pada menara telekomunikasi bersama memiliki Kwh meter, *tray* atau jalur kabel, *shelter*, antenna sektoral dan antenna *microwave* sendiri. Dimana untuk posisi ketinggian antenna pada menara berbeda-beda antara satu operator dengan operator lainnya. Perbedaan ketinggian tersebut berdasarkan besarnya harga sewa yang dibayar oleh operator dan juga agar tidak terjadi interferensi terhadap frekuensi yang digunakan dari tiap-tiap operator.

2.3 Landasan Hukum

Dalam melakukan perencanaan untuk pendirian menara baru telekomunikasi bersama harus mengacu dan harus sesuai serta berpedoman pada landasan-landasan hukum yang berlaku. Kita tidak boleh seenaknya mendirikan menara baru disembarang tempat atau mendirikan menara sebanyak-banyaknya tanpa memperhatikan kebutuhan layanan yang ada. Aturan-aturan mengenai sistematika pendirian menara baru telekomunikasi bersama telah diatur dalam peraturan-peraturan di bawah ini:

1. Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia Nomor: 02/PER/M.KOMINFO/3/2008 tentang Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Menara Bersama Telekomunikasi.

2. Peraturan Bersama Menteri Nomor 18,07/PRT/M/2009, Nomor 19/PER/M.KOMINFO/03/2009 dan Nomor 3/P/2009 Tahun 2009 tentang Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Bersama Menara Telekomunikasi.
3. Surat Edaran Direktur Jendral Penataan Ruang Kementrian Pekerjaan Umum Nomor 06/SE/Dr/2011 tentang Petunjuk Teknis Kriteria Lokasi Menara Telekomunikasi.
4. Peraturan Daerah Kabupaten Gresik Nomor 8 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik Tahun 2010 – 2030.
5. Peraturan Daerah kabupaten Gresik Nomor 19 Tahun 2012 tentang Penataan, Pembangunan dan Pengendalian Menara Telekomunikasi Bersama.
6. Peraturan Bupati Gresik Nomor 28 tahun 2013 tentang Pedoman Pelaksanaan Penataan dan Pengawasan Zona Lokasi Menara Telekomunikasi Bersama.
7. European Telecommunication Standard Institute. “Digital Cellular Telecommunication System (Phase 2+); Radio Network Planning Aspects (3GPP TR 43.030 Version 9.0.0 Release 9)”.

2.4 Klasifikasi Zona Menara

Sesuai dengan Surat Edaran Direktur Jendral Penataan Ruang Kementrian Pekerjaan Umum Nomor 06/SE/Dr/2011 tentang Petunjuk Teknis Kriteria Lokasi Menara Telekomunikasi, klasifikasi zona menara dibagi menjadi dua zona yaitu meliputi:

1. Zona Bebas Menara

Zona bebas menara merupakan zona dimana tidak diperbolehkan terdapat menara di atas tanah maupun menara di atas ketinggian menara *rooftop* lebih dari 6 meter sebagaimana diatur dalam Peraturan Bersama Menteri Dalam Negeri, Menteri Pekerjaan Umum, Menteri Komunikasi dan Informatika dan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal No. 18 tahun 2009, No. 07/PRT/M/2009, No. 19/PER/M.KOMINFO/03/2009, No. 3/P/2009 tentang Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Bersama Menara Telekomunikasi. Hal tersebut dikarenakan dapat mengakibatkan satu atau lebih dampak negatif terkait aspek lingkungan, social-budaya, keselamatan, dan estetika ruang terutama pada ruang dengan elemen-elemen kawasan yang menjadi *focal point* kabupaten/kota atau mendukung penguatan citra kawasan tersebut. Pada zona ini, layanan telekomunikasi dapat dipenuhi dengan penempatan antenna tersembunyi [4].

2. Zona Menara

Zona menara adalah zona dimana diperbolehkan untuk dibangun menara baik di atas tanah maupun di atas gedung. Pembangunan menara wajib memiliki izin mendirikan bangunan menara dari bupati/walikota, kecuali untuk provinsi DKI Jakarta wajib memiliki izin mendirikan bangunan menara dari gubernur. Sedangkan untuk lokasi pembangunan menara wajib mengikuti:

- ✓ Rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota, dan khusus untuk DKI Jakarta wajib mengikuti rencana tata ruang wilayah provinsi.
- ✓ Rencana detail tata ruang wilayah kabupaten/kota dan khusus untuk DKI Jakarta wajib mengikuti rencana detail tata ruang provinsi; dan/atau
- ✓ Rencana tata bangunan dan lingkungan

Pembangunan menara pada kawasan yang sifat dan peruntukannya memiliki karakteristik tertentu wajib memperhatikan peraturan tentang pendirian menara di sekitar area tersebut, seperti misalnya pendirian menara dengan konstruksi menara kamuflase agar visual rangka menara tidak terlihat secara langsung. Kawasan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- ✓ Kawasan bandar udara /pelabuhan
- ✓ Kawasan pengawasan militer
- ✓ Kawasan cagar budaya
- ✓ Kawasan pariwisata
- ✓ Kawasan hutan lindung
- ✓ Kawasan istana kepresidenan
- ✓ Kawasan yang fungsinya memiliki atau memerlukan tingkat keamanan dan kerahasiaan tinggi

2.5 Multi Attribute Decision Making (Metode ELECTRE)

Pada dasarnya prose MADM (*Multi Attribute Decision Making*) dilakukan melalui 3 tahap yaitu penyusunan komponen-komponen situasi, analisis dan sintesis informasi. Pada tahap penyusunan komponen, komponen situasi, akan dibentuk tabel taksiran yang berisi identifikasi alternatif dan spesifikasi tujuan, kriteria dan atribut. Tahap analisis dilakukan melalui 2 langkah. Pertama, mendatangkan taksiran dari besaran yang potensial, kemungkinan dan ketidakpastian yang berhubungan dengan dampak-dampak yang mungkin pada setiap alternatif. Kedua, meliputi pemilihan dari preferensi pengambil keputusan

untuk setiap nilai, dan ketidak pedulian terhadap resiko yang timbul. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah MADM, antara lain yaitu [5] :

1. *Simple Additive Weighting Method* (SAW)
2. *Weighted Product* (WP)
3. *ELECTRE (Elimination Et Choix TRaduisant la realite)*
4. *Technique for Order Preference by similarity to ideal solution* (TOPSIS)
5. *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

Untuk tugas akhir ini metode pengambilan keputusannya menggunakan *ELECTRE (Elimination Et Choix TRaduisant la realite)* didasarkan pada konsep perangkungan melalui perbandingan berpasangan antar alternatif pada kriteria yang sesuai. Suatu alternatif dikatakan mendominasi alternatif yang lainnya jika satu atau lebih kriterianya melebihi (dibandingkan dengan kriteria dari alternatif yang lain) dan sama dengan kriteria lain yang tersisa. Berikut langkah-langkah metode pengambilan keputusan dengan menggunakan *ELECTRE method*:

1. Dimulai dari membentuk perbandingan berpasangan setiap alternatif disetiap kriteria (X_{ij}). Nilai ini harus dinormalisasikan ke dalam suatu skala yang dapat diperbandingkan (r_{ij}):

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m X_{ij}^2}} ; \quad (2.2)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, m$
 $j = 1, 2, \dots, n.$

Dengan,

r_{ij} = Normalisasi Perbandingan

X_{ij} = Alternatif Setiap Kriteria

2. Selanjutnya pengambilan keputusan harus memberikan faktor kepentingan (bobot) pada setiap kriteria yang mengekspresikan kepentingan relatifnya (W_j).

$$W = (W_1, W_2, \dots, W_n) \quad (2.3)$$

W = Bobot setiap kriteria

W_1 = Bobot Kriteria Pertama

W_2 = Bobot Kriteria Kedua

Dengan $\sum_{j=1}^n W_j = 1$

Bobot ini selanjutnya dikalikan dengan matriks perbandingan berpasangan membentuk matriks V:

$$V_{ij} = W_j X_{ij} \quad (2.4)$$

Dengan,

V_{ij} = Matriks V

W_j = Bobo preferensi (Bobot Kriteria)

X_{ij} = Matriks R

3. Pembentukan *concordance index* dan *discordance index* untuk setiap pasangan alternatif dilakukan melalui taksiran terhadap relasi perbandingan. Untuk setiap pasangan alternatif A_k dan A_l ($k, l = 1, 2, \dots, m$; dan $K \neq l$), matriks keputusan untuk kriteria j , terbagi menjadi 2 himpunan bagian. Pertama, himpunan *concordance index* $\{C_{kl}\}$ menunjukkan penjumlahan bobot-bobot kriteria yang mana alternatif A_k lebih baik daripada alternatif A_l .

$$C_{kl} = \{j | V_{kj} \geq V_{lj}\} \quad (2.5)$$

Untuk $j = 1, 2, \dots, n$.

Dengan,

C_{kl} = Himpunan *concordance index*

V_{kj} = Kolom ke n matriks V

V_{lj} = Larik ke n matriks V

Kedua, himpunan *discordance index* $\{d_{kl}\}$ diberikan sebagai:

$$D_{kl} = \{j | V_{kj} < V_{lj}\} \quad (2.6)$$

Untuk $j = 1, 2, \dots, n$

Dengan,

D_{kl} = Himpunan *discordance index*

V_{kj} = Kolom ke n Matriks V

V_{lj} = Kolom ke n Matriks V

Matriks *concordance* (C) berisi elemen-elemen yang dihitung dari *concordance index*, dan berhubungan dengan bobot preferensi, yaitu:

$$C_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} W_j \quad (2.7)$$

Dengan,

C_{kl} = Himpunan *concordance index*

w_j = Bobot preferensi (bobot kriteria)

Demikian pula matriks *discordance* (D) berisi elemen – elemen yang dihitung dari *discordance index*. Matriks ini berhubungan dengan nilai-nilai atribut, yaitu:

$$D_{kl} = \frac{\max \{|V_{kj} - V_{lj}|\} j \in D_{kl}}{\max \{|V_{kj} - V_{lj}|\} \forall j} \quad (2.8)$$

Dengan,

D_{kl} = Himpunan *Discordance Index*

V_{kj} = Kolom ke n matriks V

V_{lj} = Larik ke n matriks V

Matriks-matriks ini dapat dibangun dengan bantuan suatu nilai ambang (*threshold*), \underline{c} . Nilai \underline{c} dapat diperoleh dengan formula:

$$\underline{c} = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m C_{kl}}{m(m-1)} \quad (2.9)$$

$$C_{kl} \geq \underline{c} \quad (2.10)$$

Dengan,

\underline{c} = Nilai ambang (*Threshold*)

m = bentuk ukuran matriks

C_{kl} = Himpunan *Concordance Index*

Dan elemen-elemen dari matriks *concordance* dominan F ditentukan sebagai:

$$F_{kl} = \begin{cases} 1, & \text{jika } C_{kl} \geq c \\ 0, & \text{jika } C_{kl} < c \end{cases} \quad (2.11)$$

Dengan,

F_{kl} = Matriks *concordance* dominan F

C_{kl} = Himpunan *Concordance Index*

c = Nilai ambang *concordance* (*Threshold*)

Hal yang sama juga berlaku untuk matriks *discordance* dominan G dengan *threshold* \underline{d} . Nilai \underline{d} dapat diperoleh dengan formula:

$$\underline{d} = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl}}{m(m-1)} \quad (2.12)$$

Dengan,

\underline{d} = Nilai ambang *discordance* dominan G (*Threshold*)

m = Bentuk ukuran matriks

d_{kl} = Himpunan *Discordance Index*

dan elemen-elemen dari matriks *concordance* dominan F ditentukan sebagai:

$$g_{kl} = \begin{cases} 1, & \text{jika } d_{kl} \geq \underline{d} \\ 0, & \text{jika } d_{kl} < \underline{d} \end{cases} \quad (2.13)$$

Dengan,

g_{kl} = elemen-elemen matriks dominan F

\underline{d} = Nilai ambang *concordance* dominan F

d_{kl} = Himpunan *Discordance Index*

4. Agregasi dari matriks dominan (E) yang menunjukkan urutan preferensi parsial dari alternatif-alternatif, diperoleh dengan formula:

$$e_{kl} = f_{kl} \times g_{kl} \quad (2.14)$$

Dengan,

e_{kl} = Agregasi Matriks dominan E

f_{kl} = Matriks *concordance* dominan F

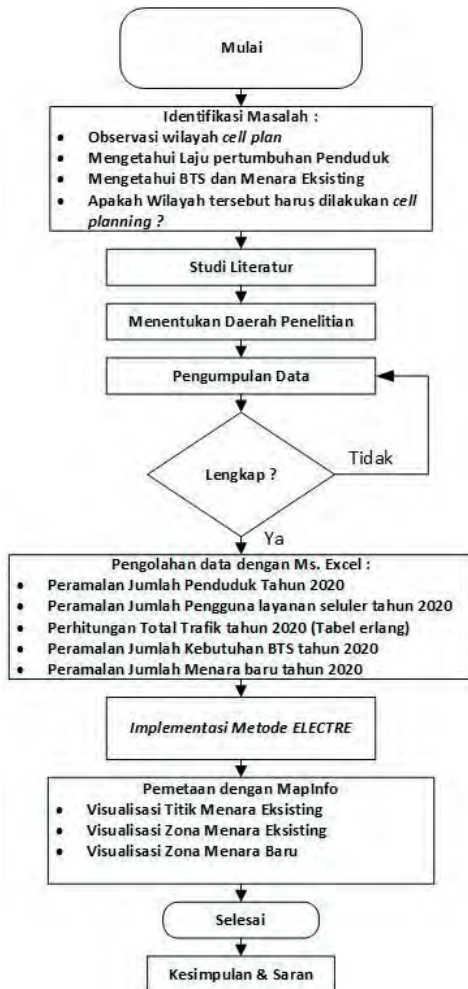
g_{kl} = Matriks *discordance* dominan F

Jika $e_{kl} = 1$ mengindikasikan bahwa alternatif A_k lebih dipilih daripada alternatif A_1 .

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 3

METODE PERENCANAAN



Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian

Pada BAB 3 ini akan dijelaskan tentang metode-metode yang digunakan untuk menulis tugas akhir ini. Seperti misalnya metode untuk mengambil keputusan yaitu metode *ELECTRE* salahsatu metode MADM (*Multi Atribute Decision Maker*), untuk melakukan visualisasi zona menara pada peta digital menggunakan *MapInfo V.10* dan perhitungan perencanaan sel menggunakan *Ms. Excel 2010*. Untuk alur penulisan atau penyelesaian tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1 yakni diagram alur penulisan tugas akhir.

3.1 Menentukan Daerah Penelitian

Daerah penelitian perencanaan lokasi potensial untuk menara baru telekomunikasi bersama ini akan diimplementasikan di daerah kabupaten Gresik. Lokasi Kabupaten Gresik ini terletak di sebelah barat laut kota Surabaya yang merupakan Ibu kota Provinsi Jawa Timur. Batas-batas Kabupaten Gresik meliputi Sebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa, sebelah timur berbatasan dengan Selat Madura dan Kota Surabaya, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Sidoarjo dan kabupaten Mojokerto dan sebelah barat berbatasan dengan kabupaten Lamongan. Ibu kota Kabupaten Gresik berada 20 km sebelah utara Kota Surabaya, dengan luas wilayah 1.191,25 km² dengan panjang Pantai \pm 140 kilometer persegi yang terbagi dalam 18 Kecamatan dan terdiri dari 330 Desa dan 26 Kelurahan. Secara geografis wilayah Kabupaten Gresik terletak antara 112° sampai 113° Bujur Timur dan 7° sampai 8° Lintang Selatan dan merupakan dataran rendah dengan ketinggian 2 sampai 12 meter diatas permukaan air laut kecuali Kecamatan Panceng yang mempunyai ketinggian 25 meter diatas permukaan air laut [6]. Jika dilihat dari peta pada gambar 3.2, kabupeten gresik merupakan daerah pesisir pantai yang memanjang mulai dari Kecamatan Kebomas, Gresik, Manyar, Bungah, Ujung pangkah dan Panceng serta Kecamatan Sangkapura dan Tambak yang lokasinya berada di Pulau Bawean. Pulau Bawean termasuk dari wilayah Kabupaten Gresik yang berada 150 km lepas pantai Laut jawa.

3.3 Data Persebaran Menara Eksisting

Data persebaran menara eksisting ini sangat diperlukan sebagai data primer dan sebagai bahan dasar penelitian. Untuk pengumpulan data persebaran menara dilakukan dengan mengajukan surat permohonan ijin penelitian dan bantuan data ke pemerintah Daerah Gresik.

3.4 Data Statistik Penduduk

Dari data kependudukan Kabupaten Gresik pada Tahun 2013 sebesar 1.324.777 jiwa. Dengan luas wilayah 1.191,25 km. Dapat dilihat pada tabel bahwa Kecamatan Gresik memiliki kepadatan tertinggi yakni 16.847 jiwa/Km² dengan luas wilayah 5,54 Km². Pada Tabel 3.1 menunjukkan jumlah penduduk di tiap kecamatan di Kabupaten Gresik dengan disertai laju pertumbuhan penduduk dan kepadatan penduduk.

Tabel 3. 1 Jumlah Penduduk, Laju Pertumbuhan Penduduk dan Kepadatan Penduduk Pada Tahun 2013 [7].

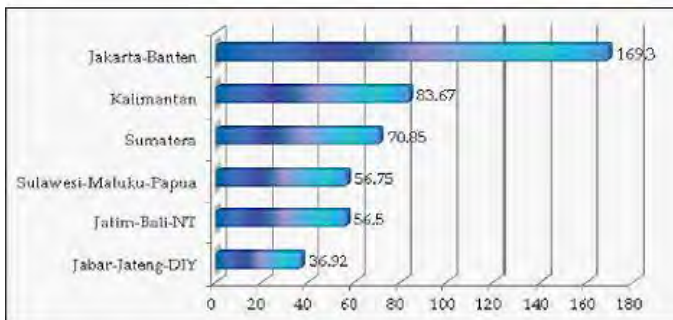
| No | Kecamatan | Luas Wilayah (Km ²) | Penduduk (jiwa) 2013 | LP (Laju Pertumbuhan) | Kepadatan (jiwa/Km ²) |
|-------|-----------------|---------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1 | Balong Panggang | 63,88 | 59700 | 1.05 | 935 |
| 2 | Benjeng | 61,26 | 66698 | 1.52 | 1089 |
| 3 | Bungah | 79,49 | 67123 | 1.83 | 844 |
| 4 | Cerme | 76,66 | 78968 | 2.12 | 1030 |
| 5 | Driyorejo | 51,30 | 103731 | 2.71 | 2022 |
| 6 | Duduk Sampean | 74,29 | 51835 | 1.33 | 698 |
| 7 | Dukun | 59,03 | 68954 | 1.39 | 1168 |
| 8 | Gresik | 5,54 | 93335 | 0.80 | 16847 |
| 9 | Kebomas | 30,06 | 102851 | 2.35 | 3422 |
| 10 | Kedamean | 65,96 | 62255 | 1.87 | 944 |
| 11 | Manyar | 95,42 | 110165 | 2.48 | 1155 |
| 12 | Menganti | 68,71 | 120880 | 2.56 | 1759 |
| 13 | Panceng | 62,59 | 52437 | 1.59 | 838 |
| 14 | Sangkapura | 118,72 | 76741 | 2.91 | 646 |
| 15 | Sidayu | 47,13 | 43444 | 1.62 | 922 |
| 16 | Tambak | 78,70 | 42100 | 2.85 | 535 |
| 17 | Ujung Pangkah | 94,82 | 50971 | 1.77 | 538 |
| 18 | Wringin Anom | 62,62 | 72589 | 2.82 | 1159 |
| TOTAL | | 1.191,25* | 1.324.777* | 1,98 %** | 2030,611** |

Keterangan : *) Total luas wilayah Kabupaten Gresik dan Total Jumlah penduduk tahun 2013

**) Rata-rata laju pertumbuhan dan rata-rata kepadatan Penduduk

3.5 Data Pertumbuhan Penggunaan Layanan Selular

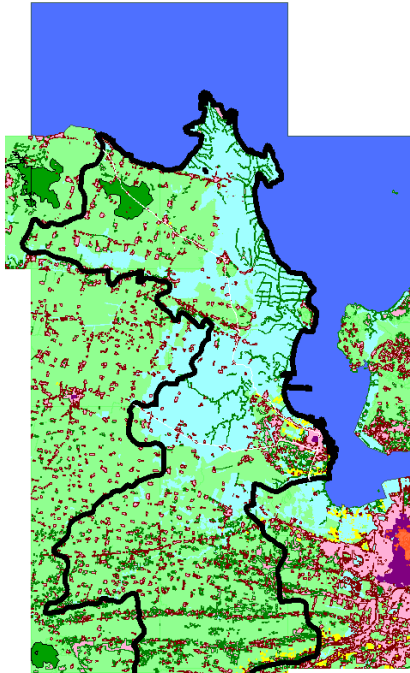
Dari gambar 3.3 dapat dilihat bahwa pada tahun 2010 teledensitas untuk wilayah Jawa Timur-Bali-Nusa Tenggara sebesar 56,5% berada di urutan ke-5. Hal tersebut menunjukkan bahwa untuk setiap 100 penduduk terdapat 57 pengguna telepon selular bergerak. Kedudukan teledensitas tertinggi terdapat di wilayah Jakarta-Banten dengan teledensitas mencapai 169,3% seperti yang terlihat pada gambar 3.3. Jika dilihat dari keadaan kota Jakarta dimana kota terpadat sebagai pusat bisnis dan pusat pemerintahan, serta Banten sebagai kota yang terdekat (kota satelit), menyebabkan teledensitas telpon bergerak selular ini cukup tinggi dibandingkan daerah lainnya. Untuk teledensitas terbesar kedua, untuk telepon selular terdapat di wilayah Kalimantan dengan angka 83,67%. Dengan artian terdapat sekitar 84 orang pengguna telepon bergerak selular untuk setiap 100 penduduk atau hampir setiap penduduk di Kalimantan telah menggunakan telepon bergerak selular.



Gambar 3. 3 Pengguna Telepon Selular Indonesia Pada Tahun 2010 dalam persen [8].

3.6 Peta Digital

Peta digital Kabupaten Gresik pada gambar 3.4 didapatkan dari Badan Kordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (BAKORSURTANAL) dengan file berbasis *MapInfo*. Dengan adanya peta digital ini memudahkan dalam proses *ploting* untuk data yang diolah, lebih mengetahui lagi kecamatan-kecamatan yang akan dilakukan *cell planning* dari karakteristik wilayahnya apakah *rural*, *urban* atau *suburban*.



Gambar 3. 4 Peta Digital Kabupaten Gresik yang diolah Menggunakan *MapInfo Pro 10* [9]

Sistem penyimpanan pada tiap objek menggunakan titik koordinat. Di dalam file yang di dapat dari Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional terdiri dari beberapa komponen di dalamnya seperti misalnya vector, didalamnya memuat garis-garis batas wilayah, jalanan, sungai, untuk teks berisi keterangan untuk memberikan label nama wilayah, jalan atau morfologi area, dari morfologi area ini dapat diketahui daerah urban, suburban, rural, daerah perkebunan, hutan, tambak, laut, pemukiman dan daerah perindustrian.

3.7 Metode Pengolahan Data

3.7.1. Pengolahan Data Menggunakan *Ms. Excel*

3.7.1.1. Peramalan Jumlah Penduduk

Pengolahan data dengan *Ms. Excel* yang pertama adalah meramalkan jumlah penduduk dalam jangka beberapa tahun ke depan

untuk mengetahui pertumbuhan penduduk di masa yang akan datang. Perhitungan jumlah penduduk di masa yang akan datang dapat diketahui dengan persamaan berikut [10]:

$$P_t = P_0(1 + r)^t \quad (3.1)$$

Dengan,

P_t = Jumlah Penduduk pada tahun t (jiwa)

P_0 = Jumlah penduduk saat tahun perencanaan (jiwa)

r = Laju pertumbuhan Penduduk (%)

t = Jumlah prediksi

Dengan Menggunakan persamaan 3.1, maka kita dapat memprediksi pertumbuhan penduduk untuk 5 tahun yang akan datang. Untuk data sensus penduduk terbaru didapat dari Badan Statistika Kabupaten Gresik dengan menggunakan data sensus penduduk pada tahun 2013. Setelah melakukan input data penduduk pada *Ms.Excel* terlebih dahulu mencari laju pertumbuhan penduduk pertiap kecamatan karena dalam data yang didapat dari Badan Statistik belum diketahui, untuk mengetahui laju pertumbuhan penduduknya bisa dicari dengan persamaan berikut [10]:

$$r = \{(P_t/P_0)^{\frac{1}{t}} - 1\} \times 100 \quad (3.2)$$

Dengan:

r = Laju pertumbuhan penduduk

P_t = Jumlah penduduk tahun terakhir

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun dasar

t = Selisih tahun terakhir dengan tahun tahun dasar

Pada tabel 3.2 adalah hasil perhitungan ramalan jumlah penduduk dari tahun 2015 hingga tahun 2020 yang akan digunakan sebagai salah satu parameter perencanaan kebutuhan menara baru telekomunikasi bersama untuk 5 tahun yang akan datang. Dengan menggunakan rata-rata laju pertumbuhan sebesar 1,98% didapat dari merata-ratakan pertumbuhan penduduk tahun 2001, 2011 dan 2012 maka untuk ramalan jumlah penduduk pada tahun 2020 di Kabupaten Gresik terdapat 1.527.602 jiwa. Sehingga dari data tersebut bisa dilakukan

perhitungan estimasi jumlah pelanggan atau pengguna layanan jaringan untuk tahun 2020.

Tabel 3. 2 Hasil perhitungan Prediksi Jumlah Penduduk

| No | Kecamatan | 2015 (jiwa) | 2016 (jiwa) | 2017 (jiwa) | 2018 (jiwa) | 2019 (jiwa) | 2020 (jiwa) |
|--------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | Balong Panggang | 60957 | 61595 | 62240 | 62892 | 63551 | 64216 |
| 2 | Benjeng | 68740 | 69784 | 70844 | 71920 | 73012 | 74121 |
| 3 | Bungah | 69608 | 70885 | 72185 | 73509 | 74857 | 76230 |
| 4 | Cerme | 82350 | 84095 | 85877 | 87697 | 89556 | 91453 |
| 5 | Driyorejo | 109439 | 112410 | 115462 | 118596 | 121816 | 125123 |
| 6 | Duduk Sampean | 53221 | 53928 | 54644 | 55370 | 56105 | 56850 |
| 7 | Dukun | 70887 | 71874 | 72875 | 73890 | 74918 | 75962 |
| 8 | Gresik | 94833 | 95592 | 96356 | 97126 | 97903 | 98686 |
| 9 | Kebomas | 107739 | 110270 | 112860 | 115511 | 118224 | 121001 |
| 10 | Kedamean | 64608 | 65818 | 67050 | 68305 | 69584 | 70887 |
| 11 | Manyar | 115686 | 118550 | 121485 | 124492 | 127573 | 130731 |
| 12 | Menganti | 127144 | 130397 | 133733 | 137154 | 140663 | 144262 |
| 13 | Panceng | 54118 | 54979 | 55853 | 56741 | 57644 | 58560 |
| 14 | Sangkapura | 81278 | 83646 | 86083 | 88591 | 91172 | 93828 |
| 15 | Sidayu | 44860 | 45585 | 46322 | 47071 | 47832 | 48605 |
| 16 | Tambak | 44534 | 45803 | 47108 | 48451 | 49831 | 51252 |
| 17 | Ujung Pangkah | 52796 | 53732 | 54686 | 55656 | 56643 | 57648 |
| 18 | Wringin Anom | 76740 | 78904 | 81128 | 83416 | 85768 | 88186 |
| Total | | 1379539 | 1407846 | 1436791 | 1466388 | 1496653 | 1527602 |

3.7.1.2. Peramalan Jumlah Pengguna Layanan Selular

Setelah melakukan peramalan jumlah penduduk untuk 5 tahun mendatang langkah selanjutnya harus mengetahui seberapa besar trafik yang harus disediakan oleh penyelenggara selular karena kepadatan penduduk berhubungan dengan seberapa besar trafiknya. Sehingga jaringan selular-pun harus mengantisipasi besarnya jumlah pelanggan untuk beberapa tahun ke depan, untuk mengantisipasi jumlah pelanggan selama periode tersebut diperlukan estimasi pertumbuhan jumlah pelanggan, dengan dihitung dengan persamaan berikut:

$$P = X\% \times P_t \quad (3.3)$$

Dengan,

P = Pengguna layanan seluler (jiwa)

X% = Teledensitas pengguna seluler (%)

P_t = Penduduk pada tahun t (jiwa)

3.7.1.3. Peramalan Kapasitas Total Trafik

Dalam melakukan perencanaan Cell telekomunikasi peramalan kapasitas trafik pada suatu daerah sangatlah penting, dengan adanya data peramalan ini bisa mengantisipasi jika terjadi lonjakan trafik pada jam sibuk. Dengan menggunakan asumsi GOS 2% maka terdapat 2 panggilan yang gagal dari seratus panggilan yang terjadi. Untuk intensitas trafik yang dibangkitkan oleh pelanggan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1), sedangkan untuk menghitung trafik total yang dibangkitkan oleh pelanggan dapat dihitung dengan persamaan (3.4)[2]:

$$T = P \times A \quad (3.4)$$

Dimana,

T = total trafik yang dibangkitkan (Erlang)

P = jumlah pelanggan seluler (jiwa)

A = intensitas trafik yang dibangkitkan (Erlang)

Wilayah kabupaten Gresik termasuk dalam kategori daerah layanan *sub-urban* dan *rural*. Pada daerah *sub-urban* memiliki karakteristik bangunan dengan jumlah bangunan yang mulai padat. Sedangkan untuk daerah *rural* mempunyai karakteristik dengan bangunan yang kurang atau jarang. Maka intensitas trafik untuk setiap kategori daerah layanan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1) :

- ✓ Daerah *sub-urban*, rata-rata panggilan atau menerima panggilan adalah 60 menit dalam satu hari [11]. Sehingga *offered traffic* per pelanggan dapat dihitung dengan persamaan (2.1):

$$A = \frac{60}{24 \times 60} = 41,67 \text{ mErlang}$$

- ✓ Daerah *rural*, rata-rata panggilan atau menerima panggilan adalah 45 menit dalam satu hari [11], Sehingga *offered traffic* per pelanggan dapat dihitung dengan persamaan (2.1)

- ✓ $A = \frac{45}{24 \times 60} = 31,25 \text{ mErlang}$

3.7.1.4. Prediksi Kebutuhan BTS

Setelah melakukan prediksi kapasitas total trafik tentunya untuk melakukan pemenuhan trafik dari beberapa daerah perlu juga memprediksi kebutuhan BTS-nya, yaitu dengan memperhatikan berapa jumlah TRx yang digunakan dalam setiap sektornya. Pada penelitian ini digunakan konfigurasi BTS 3x3x3, dimana tiap sector akan diisi dengan 3 TRx sehingga perhitungannya bisa dilakukan sebagai berikut:

- ✓ 1 sektor terdiri atas 3 TRx
- ✓ 1 TRx = 8 kanal atau *timeslot*
- ✓ 3 TRx = 8 x 3 = 24 kanal

Setiap sektornya membutuhkan 1 kanal BCCH (*Broadcast Control Channel*) dan 1 kanal SDCCH (*Standalone Dedicated Control Channel*) yang berfungsi untuk melakukan *broadcast* sinyal dan juga mengatur panggilan setiap pelanggan. Kapasitas 1 sektor yang terdiri dari 3 TRx dengan asumsi GOS 2% = 14,90 Erlang (sesuai tabel Erlang B pada gambar 3.9). Maka dapat disimpulkan dalam satu sector yang terdiri atas 3 TRx akan mampu melayani 24 – 2 = 22 panggilan secara teoritis, karena dalam lapangan atau nyatanya masih banyak faktor yang mempengaruhi, faktor *interference*, *blocking*, *congestion* dan sebagainya. Setelah itu kita dapat mengetahui jumlah pelanggan yang mampu dilayani oleh tiap BTS dengan persamaan berikut:

$$\text{Kemampuan BTS} = \frac{\text{Kapasitas 1 BTS}}{\text{Trafik per pelanggan}} \quad (3.5)$$

Untuk jumlah prediksi kebutuhan BTS yang diperlukan dalam melayani pelanggan seluler dapat dihitung dengan menggunakan rumus 3.6:

$$B = \frac{T}{E} \quad (3.6)$$

Dimana,

B = Jumlah kebutuhan BTS*

T = Total trafik yang dibangkitkan pelanggan (Erlang)

E = Kapasitas 1 BTS (Erlang)

*) Hasilnya dibulatkan ke atas

| N/B | 0,5 | 1,0 | 2 | 5 |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 19 | 10.33 | 11.23 | 12.33 | 14.32 |
| 20 | 11.09 | 12.03 | 13.18 | 15.25 |
| 21 | 11.86 | 12.84 | 14.04 | 16.19 |
| 22 | 12.64 | 13.65 | 14.90 | 17.13 |

Gambar 3. 5 Tabel Erlang B

Kapasitas 1 BTS yang terdiri dari 3 antena sektoral yang didukung 3 TRx = 3 x 14,90 = 44,7 Erlang. Prediksi jumlah kebutuhan BTS yang dibutuhkan untuk melayani jumlah pengguna layanan seluler merupakan hasil pembagian antara kapasitas total trafik yang dibangkitkan pelanggan layanan seluler dalam satuan erlang dibagi dengan kapasitas 1 BTS yang terdapat pada wilayah tersebut.

3.7.1.5. Prediksi Kebutuhan Menara dan Zona Menara Baru

Persebaran menara telekomunikasi perlu dilakukan pengaturan dan mempunyai perencanaan yang baik yang sesuai dengan peraturan yang sudah ditetapkan, oleh karena itu dibutuhkan estimasi kebutuhan jumlah menara dalam setiap daerah atau kecamatan yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$M_t = \frac{B_t - B_0}{4} + M_0 \quad (3.7)$$

Dimana,

M_t = Jumlah menara pada tahun t

M_0 = jumlah menara pada tahun perencanaan

B_t = jumlah kebutuhan BTS pada tahun t

B_0 = Jumlah kebutuhan BTS pada tahun perencanaan

4 = 1 Menara mampu menampung lebih dari 1 dan kurang dari 6 operator (asumsi 1 menara terdapat 4 BTS)

3.7.2. Menentukan Radius Sel

Setiap BTS memiliki daya cakupan yang berbeda-beda dipengaruhi dengan beberapa faktor misalnya ketinggian pada setiap menara telekomunikasi yang memiliki perbedaan yang satu dengan yang lainnya. Semakin tinggi menara telekomunikasi maka cakupan layanannya akan semakin luas. Daya pancar yang dipancarkan oleh

antenna sektoral untuk meng-*cover* daerah layanan yang direncanakan tergantung pada spesifikasi antenna tersebut. Dapat dicari dengan rumusan seperti berikut [12] :

$$P_r = P_t G_t G_r \frac{h_b^2 h_m^2}{d^4} \quad (3.8)$$

Dimana,

P_r = Daya yang diterima pelanggan (Watt)

P_t = Daya pancar BTS (Watt)

G_T = Penguatan pada BTS (dB)

G_r = Penguatan pada penerima (dB)

h_b = Tinggi antenna BTS (Meter)

h_m = Tinggi antenna penerima (Meter)

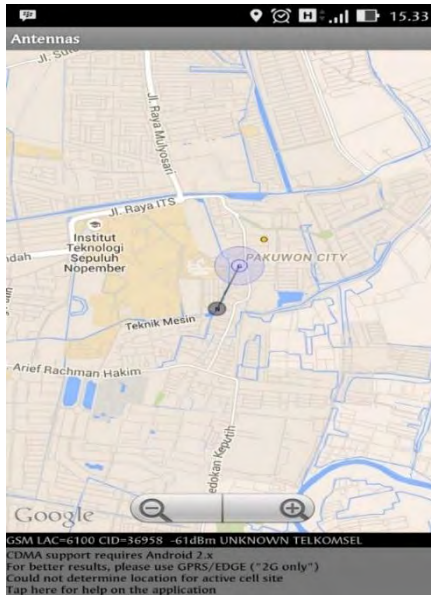
d = Jarak antara BTS dengan penerima (Meter)

Daya pancar BTS sangat diperlukan untuk melakukan perhitungan radius atau *coverage* area untuk masing-masing BTS. Pada penelitian ini menggunakan asumsi berdasarkan standar ETSI GSM 05.05 *version* 5.0.0. Untuk nilai P_t bernilai 36 dBm = 4 watt untuk jaringan seluler dengan layanan 2G dan 28 dBm = 0,63 watt untuk jaringan selular dengan layanan 3G [13]. Selanjutnya untuk nilai P_r diperoleh melalui pengukuran menggunakan aplikasi *Antennas* yang terdapat pada smartphone android pengukurannya pada gambar 3.6 diperoleh -61 dBm.

Ketinggian antena BTS diasumsikan ketinggian antena maksimal sama dengan ketinggian menara telekomunikasi. Sedangkan untuk ketinggian antena penerima diasumsikan 1 meter. Semisal perhitungan dengan tinggi antena 42 meter, untuk radius zona menara eksisting (layanan 3G) dapat dilihat dibawah ini:

$$d^4 = 0,63 \times \frac{42^2 \times 1^2}{8 \times 10^{-10}}$$

$$d = 1085.643623 = 1085 \text{ meter}$$



Gambar 3. 6 Daya terima MS dari *software Antennas*

Berikut pada tabel 3.3 dan tabel 3.4 hasil perhitungan radius zona menara eksisting untuk jaringan seluler layanan 2G dan 3G dengan range ketinggian 3-82 meter sesuai data yang ada:

Tabel 3. 3 Radius Zona Menara Eksisting untuk Jaringan Seluler dengan layanan 2G

| Pt (w) | Pr (w) | hb (m) | hm (m) | d (m) |
|--------|---------------------|--------|--------|-------|
| 4 | 8×10^{-10} | 3 | 1 | 4,6 |
| 4 | 8×10^{-10} | 6 | 1 | 651 |
| 4 | 8×10^{-10} | 10 | 1 | 840 |
| 4 | 8×10^{-10} | 12 | 1 | 921 |
| 4 | 8×10^{-10} | 16 | 1 | 1063 |
| 4 | 8×10^{-10} | 30 | 1 | 1456 |
| 4 | 8×10^{-10} | 32 | 1 | 1504 |
| 4 | 8×10^{-10} | 35 | 1 | 1573 |
| 4 | 8×10^{-10} | 40 | 1 | 1681 |

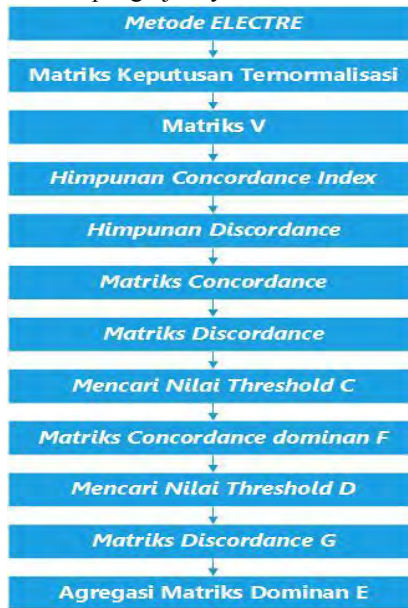
| Pt (w) | Pr (w) | hb (m) | hm (m) | d (m) |
|--------|---------------------|--------|--------|-------|
| 4 | 8×10^{-10} | 42 | 1 | 1723 |
| 4 | 8×10^{-10} | 45 | 1 | 1783 |
| 4 | 8×10^{-10} | 50 | 1 | 1880 |
| 4 | 8×10^{-10} | 52 | 1 | 1917 |
| 4 | 8×10^{-10} | 55 | 1 | 1972 |
| 4 | 8×10^{-10} | 56 | 1 | 1989 |
| 4 | 8×10^{-10} | 57 | 1 | 2007 |
| 4 | 8×10^{-10} | 62 | 1 | 2093 |
| 4 | 8×10^{-10} | 70 | 1 | 2224 |
| 4 | 8×10^{-10} | 72 | 1 | 2256 |
| 4 | 8×10^{-10} | 82 | 1 | 2407 |

Tabel 3. 4 Radius Zona Menara Eksisting untuk Jaringan Seluler dengan layanan 3G

| Pt (w) | Pr (w) | hb (m) | hm (m) | d (m) |
|--------|---------------------|--------|--------|-------|
| 0,63 | 8×10^{-10} | 3 | 1 | 4,6 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 6 | 1 | 651 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 10 | 1 | 840 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 12 | 1 | 921 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 16 | 1 | 1063 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 30 | 1 | 1456 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 32 | 1 | 1504 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 35 | 1 | 1573 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 40 | 1 | 1681 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 42 | 1 | 1723 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 45 | 1 | 1783 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 50 | 1 | 1880 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 52 | 1 | 1917 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 55 | 1 | 1972 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 56 | 1 | 1989 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 57 | 1 | 2007 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 62 | 1 | 2093 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 70 | 1 | 2224 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 72 | 1 | 2256 |
| 0,63 | 8×10^{-10} | 82 | 1 | 2407 |

3.8 Implementasi Metode ELECTRE (Elimination Et Choix TRaduisant la realitE)

Implementasi metode ini, untuk memilih kecamatan yang paling berpotensi untuk dilakukan penambahan BTS menggunakan bantuan *Ms. Excel*, berikut adalah skema pengerjaannya:



Gambar 3. 7 Skema Pengerjaan Metode *ELECTRE*

Sebelum melakukan implementasi menggunakan metode *ELECTRE*, sebelumnya harus menentukan alternatif, kriteria dan memberikan bobot untuk setiap kriteria dan alternatif yang sudah ditentukan, berikut adalah tahapan - tahapannya:

3.8.1 Menentukan Kriteria Lokasi Potensial

Dalam simulasi ini memiliki beberapa daerah atau 18 kecamatan yang berada di Kabupaten Gresik untuk menentukan daerah mana yang memiliki potensi tertinggi untuk pendirian menara baru. Dalam metode ini dipilih 3 kriteria yaitu Kepadatan penduduk, trafik yang dibangkitkan dan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik. Dengan masing-masing kriteria tersebut disimbolkan dengan C1, C2 dan C3 dengan kode

berupa huruf A, B, C, D dan E. berikut adalah keterangan - keterangannya:

C1 = Kepadatan Penduduk

C2 = Jumlah BTS Eksisting

C3 = Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Gresik

Tabel 3. 5 Inisialisasi Kriteria Pada setiap Alternatif

| No | Kecamatan | Kriteria | | |
|----|-----------------|----------|----|----|
| | | C1 | C2 | C3 |
| 1 | Balong Panggang | 935 | 15 | C |
| 2 | Benjeng | 1089 | 25 | C |
| 3 | Bungah | 844 | 19 | D |
| 4 | Cerme | 1030 | 18 | D |
| 5 | Driyorejo | 2022 | 59 | E |
| 6 | Duduk Sampean | 698 | 17 | C |
| 7 | Dukun | 1168 | 11 | D |
| 8 | Gresik | 16847 | 46 | E |
| 9 | Kebomas | 3422 | 75 | E |
| 10 | Kedamean | 944 | 14 | D |
| 11 | Manyar | 1155 | 62 | E |
| 12 | Menganti | 1759 | 51 | D |
| 13 | Panceng | 838 | 13 | C |
| 14 | Sangkapura | 646 | 4 | B |
| 15 | Sidayu | 922 | 14 | C |
| 16 | Tambak | 535 | 2 | B |
| 17 | Ujung Pangkah | 538 | 13 | C |
| 18 | Wringin Anom | 1159 | 17 | E |

Tabel 3. 6 Deskripsi untuk Kriteria RTRW (C3)

| RTRW (C3) | Keterangan |
|-----------|--|
| A | Mayoritas Kawasan Lindung |
| B | Kawasan Lindung dengan Sedikit Pemukiman |
| C | Sedikit Pemukiman |
| D | Sebagian Pemukiman dan Industri Perdagangan |
| E | Mayoritas Pemukiman dan Industri Perdagangan |

3.8.2 Pembobotan Setiap Kriteria

Untuk setiap kriteria yang sudah ditentukan perlu diberikan pembobotan untuk mengetahui nilai dari setiap alternatif yang ada. Untuk pembobotannya pada kasus ini menggunakan bilangan *fuzzy* yang telah dikonversi ke dalam bentuk bilangan *crisp* (bilangan tegas). Himpunan *crisp* adalah himpunan yang menyatakan suatu obyek yang merupakan anggota dari satu himpunan memiliki nilai keanggotaan $\mu_A(x) = (1)$ atau tidak (0) , oleh karena itu himpunan *crisp* disebut sebagai himpunan tegas. Sebagai contoh setiap orang yang sudah berumur 17 tahun ke atas wajib membuat atau memiliki Kartu Tanda Penduduk. Maka pembobotannya:

- ✓ Umur < 17 tahun: tidak wajib membuat dan memiliki Kartu Tanda Penduduk (bobot = 0).
- ✓ Umur ≥ 17 tahun: Wajib mempunyai dan membuat Kartu Tanda Penduduk (bobot = 1)

Jika diketahui ada 2 orang dengan umur yang berbeda, orang pertama berumur 24 tahun dan orang kedua berumur 16 tahun. Maka untuk orang pertama wajib membuat atau memiliki kartu tanda penduduk dan untuk orang kedua tidak diwajibkan. Untuk menentukan range nilai secara distribusi *uniform* dimana setiap kejadian mempunyai probabilitas atau peluang yang seragam (*uniform*). Pada penelitian ini bilangan *crisp* yang akan digunakan seperti pada tabel 3.7.

Tabel 3. 7 Bilangan *Crisp* yang telah dikonversikan dari bilangan *fuzzy*

| Bilangan <i>Fuzzy</i> | Nilai |
|-----------------------|-------|
| Sangat Rendah (SR) | 0 |
| Rendah (R) | 0,2 |
| Sedang (S) | 0,4 |
| Tengah (T1) | 0,6 |
| Tinggi (T2) | 0,8 |
| Sangat Tinggi (ST) | 1 |

Setelah itu menentukan bilangan *crisp*, langkah selanjutnya adalah memberikan bobot pada kriteria-kriteria yang sudah kita tentukan.

1. Kriteria yang pertama yaitu kepadatan penduduk yang terdiri dari beberapa bilangan *fuzzy* diantaranya yaitu rendah (R), Sedang (S),

tengah (T1), tinggi (T2) dan sangat tinggi (ST). lebih jelasnya terdapat pada tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Pembobotan Kepadatan Penduduk (C1)

| Range (C1)/Kepadatan Penduduk | Bilangan <i>Fuzzy</i> | Nilai |
|-------------------------------|-----------------------|-------|
| 0 - 1050 | Rendah (R) | 0.2 |
| 1051 - 1755 | Sedang (S) | 0.4 |
| 1756 - 3000 | Tengah (T1) | 0.6 |
| 3000 - 10000 | Tinggi (T2) | 0.8 |
| >10000 | Sangat Tinggi (ST) | 1 |

- Selanjutnya untuk kriteria jumlah BTS eksisting pada tiap kecamatan mempunyai 5 bobot kriteria yaitu Rendah (R), Sedang (S), tengah (T1), tinggi (T2) dan sangat tinggi (ST). terdapat pada tabel 3.9.

Tabel 3. 9 Pembobotan Jumlah BTS Eksisting

| Range (C2)/Jumlah BTS eksisting | Bilangan <i>Fuzzy</i> | Nilai |
|---------------------------------|-----------------------|-------|
| 0 - 25 | Rendah (R) | 0.2 |
| 26 - 50 | Sedang (S) | 0.4 |
| 51 - 75 | Tengah (T1) | 0.6 |
| Range (C2)/Jumlah BTS eksisting | Bilangan <i>Fuzzy</i> | Nilai |
| 76 - 100 | Tinggi (T2) | 0.8 |
| > 100 | Sangat Tinggi (ST) | 1 |

- Untuk kriteria Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik dikelompokkan menjadi lima bagian yang mengacu pada peraturan Daerah Kabupaten Gresik Nomor 8 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik Tahun 2010-2030. Pembobotan nilainya pada tabel 3.10.

Tabel 3. 10 Pembobotan Nilai

| Range (C3)/RTRW | Bilangan <i>Fuzzy</i> | Nilai |
|-----------------|-----------------------|-------|
| A | Sangat Rendah (SR) | 0 |
| B | Rendah (R) | 0.2 |
| C | Sedang (S) | 0.4 |
| D | Tengah (T1) | 0.6 |
| E | Tinggi (T) | 0.8 |

3.8.3 Rating Kecocokan

Setelah menentukan bobot-bobot dari setiap kriteria selanjutnya memasukan nilai bobot kriteria tersebut ke dalam tabel rating kecocokan yang telah disesuaikan dengan data yang sudah ada dari jumlah kepadatan penduduk, jumlah BTS eksisting dan RTRW sehingga didapatkan tabel rating kecocokan seperti pada tabel 3.11:

Tabel 3. 11 Rating Kecocokan

| No | Kecamatan | Kriteria | | |
|----|-----------------|----------|-----|-----|
| | | C1 | C2 | C3 |
| 1 | Balong Panggang | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| 2 | Benjeng | 0.6 | 0.2 | 0.4 |
| 3 | Bungah | 0.2 | 0.2 | 0.6 |
| 4 | Cerme | 0.2 | 0.2 | 0.6 |
| 5 | Driyorejo | 0.6 | 0.6 | 0.8 |
| 6 | Duduk Sampean | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| 7 | Dukun | 0.4 | 0.2 | 0.6 |
| 8 | Gresik | 1 | 0.4 | 0.8 |
| 9 | Kebomas | 0.8 | 0.6 | 0.8 |
| 10 | Kedamean | 0.2 | 0.2 | 0.6 |
| 11 | Manyar | 0.4 | 0.6 | 0.8 |
| 12 | Menganti | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 13 | Panceng | 0.2 | 0.6 | 0.4 |
| 14 | Sangkapura | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 15 | Sidayu | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| 16 | Tambak | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 17 | Ujung Pangkah | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| 18 | Wringin Anom | 0.4 | 0.2 | 0.8 |

3.8.4 Matriks Keputusan Ternormalisasi R

Pada metode *ELECTRE* dimulai dari membentuk perbandingan berpasangan setiap alternatif di setiap kriteria dan nilai ini harus dinormalisasikan ke dalam suatu skala yang dapat diperbandingkan. Untuk mencari matriks ternormalisasi R tersebut dengan menggunakan rumus 3.9 seperti berikut ini:

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m X^2_{ij}}} ; \quad (3.9)$$

dengan $i = 1, 2, \dots, m$.

$j = 1, 2, \dots, n$.

r_{ij} = Normalisasi Perbandingan

X_{ij} = Alternatif Setiap Kriteria

sehingga dapat dihasilkan matriks ternormalisasi R seperti berikut:

Tabel 3. 12 Matriks Ternormalisasi R

| No | C1 | C2 | C3 |
|----|--------|--------|--------|
| 1 | 0.1054 | 0.1280 | 0.1627 |
| 2 | 0.3162 | 0.1280 | 0.1627 |
| 3 | 0.1054 | 0.1280 | 0.2441 |
| 4 | 0.1054 | 0.1280 | 0.2441 |
| 5 | 0.3162 | 0.3841 | 0.3255 |
| 6 | 0.1054 | 0.1280 | 0.1627 |
| 7 | 0.2108 | 0.1280 | 0.2441 |
| 8 | 0.5270 | 0.2560 | 0.3255 |
| 9 | 0.4216 | 0.3841 | 0.3255 |
| 10 | 0.1054 | 0.1280 | 0.2441 |
| 11 | 0.2108 | 0.3841 | 0.3255 |
| 12 | 0.3162 | 0.3841 | 0.2441 |
| 13 | 0.1054 | 0.3841 | 0.1627 |
| 14 | 0.1054 | 0.1280 | 0.0813 |
| 15 | 0.1054 | 0.1280 | 0.1627 |
| 16 | 0.1054 | 0.1280 | 0.0813 |
| 17 | 0.1054 | 0.1280 | 0.1627 |
| 18 | 0.2108 | 0.1280 | 0.3255 |

3.8.5 Mencari Matriks V

Sebelum mencari matriks V, terlebih dahulu menentukan bobot preferensi dari kriteria yang ditentukan sesuai dengan tingkat kepentingan

dari data kriteria. Pada penelitian ini kepadatan penduduk memiliki pengaruh yang sangat penting diantara kedua kriteria yang lainnya, untuk kriteria trafik pengaruh yang diberikan tinggi dan untuk Rencana dan Tata Ruang Wilayah memiliki bobot kepentingan yang sedang. Seperti yang terlihat pada tabel 3.13 berikut:

Tabel 3. 13 Penentuan Bobot Kriteria/Bobot preferensi

| Kriteria | Bilangan <i>Fuzzy</i> | Nilai |
|-------------------------|-----------------------|-------|
| C1 (kepadatan penduduk) | Sangat Tinggi (ST) | 1 |
| C2 (JML.BTS eksisting) | Tinggi (T) | 0.8 |
| C3(RT RW) | Sedang (S) | 0.4 |

Maka diperoleh nilai bobot dari kriteria atau bobot preferensi yang ditentukan langsung oleh pengambil keputusan dengan nilai:

$$W = [1 \quad 0.8 \quad 0.4]$$

Setelah menetapkan bobot kriteria atau bobot preferensi mencari matriks V dengan menggunakan rumus 3.10 seperti berikut:

$$V_{ij} = W_j X_{ij} \quad (3.10)$$

Dimana,

V_{ij} = Matriks V

W_j = Bobo preferensi (Bobot Kriteria)

X_{ij} = Matriks R

sehingga dihasilkan matriks V seperti pada tabel 3.14 berikut ini:

Tabel 3. 14 Hasil perhitungan Matriks V

| No | C1 | C2 | C3 |
|----|--------|--------|--------|
| 1 | 0.1054 | 0.1099 | 0.0651 |
| 2 | 0.3162 | 0.1099 | 0.0651 |
| 3 | 0.1054 | 0.1099 | 0.0977 |
| 4 | 0.1054 | 0.1099 | 0.0977 |
| 5 | 0.3162 | 0.3297 | 0.1302 |
| 6 | 0.1054 | 0.3297 | 0.0651 |
| 7 | 0.2108 | 0.1099 | 0.0977 |
| 8 | 0.5270 | 0.2049 | 0.1302 |
| 9 | 0.4216 | 0.3073 | 0.1302 |
| 10 | 0.1054 | 0.1024 | 0.0977 |

| No | C1 | C2 | C3 |
|----|--------|--------|--------|
| 11 | 0.2108 | 0.3073 | 0.1302 |
| 12 | 0.3162 | 0.3297 | 0.0977 |
| 13 | 0.1054 | 0.3297 | 0.0651 |
| 14 | 0.1054 | 0.1099 | 0.0326 |
| 15 | 0.1054 | 0.1099 | 0.0651 |
| 16 | 0.1054 | 0.1099 | 0.0326 |
| 17 | 0.1054 | 0.1099 | 0.0651 |
| 18 | 0.2108 | 0.1099 | 0.1302 |

3.8.6 Menentukan Himpunan Concordance Index dan Discordance index

Untuk menentukan himpunan Concordance Index dan Discordance index dengan menggunakan rumus 3.11 dan 3.12 seperti berikut ini:

$$C_{kl} = \{ j | V_{kj} \geq V_{lj} \} \quad (3.11)$$

Untuk $j = 1, 2, \dots, n$.

Dengan,

C_{kl} = Himpunan *concordance index*

V_{kj} = Kolom ke n matriks V

V_{lj} = Larik ke n matriks V

himpunan *discordance index* $\{d_{kl}\}$ diberikan sebagai:

$$D_{kl} = \{ j | V_{kj} < V_{lj} \} \quad (3.12)$$

Untuk $j = 1, 2, \dots, n$

Dengan,

D_{kl} = Himpunan *discordance index*

V_{kj} = Kolom ke n Matriks V

V_{lj} = Kolom ke n Matriks V

Untuk hasil implementasinya dapat dilihat di lampiran F.

3.8.7 Menentukan Matriks Concordance dan Discordance Index

Matriks *concordance* (C) berisi elemen-elemen yang dihitung dari *concordance index*, dan berhubungan dengan bobot preferensi, yaitu:

$$C_{kl} = \sum_{j \in C_{kl}} W_j \quad (3.13)$$

Dengan,

C_{kl} = Himpunan *concordance index*

w_j = Bobot preferensi (bobot kriteria)

Matriks *discordance* (D) berisi elemen – elemen yang dihitung dari *discordance index*. Matriks ini berhubungan dengan nilai-nilai atribut, yaitu:

$$D_{kl} = \frac{\max \{ |V_{kj} - V_{lj}| \} j \in D_{kl}}{\max \{ |V_{kj} - V_{lj}| \} \forall j} \quad (3.14)$$

Dengan,

D_{kl} = Himpunan *Discordance Index*

V_{kj} = Kolom ke n matriks V

V_{lj} = Larik ke n matriks V

Untuk hasil implementasinya bisa dilihat di lampiran F.

3.8.8 Menentukan Matriks Concordance dominan dan Discordance dominan

Sebelumnya untuk membentuk dua matriks *concordance* dan *discordance index* yang dominan mencari dulu nilai ambang atau *threshold* sebagai syarat dari pembentukan kedua matriks tersebut dengan menggunakan rumus 3.15 dan 3.16 seperti berikut ini:

$$\underline{c} = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m C_{kl}}{m(m-1)} \quad (3.15)$$

$$C_{kl} \geq \underline{c}$$

Dengan,

\underline{c} = Nilai ambang (*Threshold*)

m = bentuk ukuran matriks

C_{kl} = Himpunan *Concordance Index*

Dan elemen-elemen dari matriks *concordance* dominan F ditentukan oleh:

$$F_{kl} = \begin{cases} 1, & \text{jika } C_{kl} \geq \underline{c} \\ 0, & \text{jika } C_{kl} < \underline{c} \end{cases} \quad (3.16)$$

Dengan,

F_{kl} = Matriks *concordance* dominan F

C_{kl} = Himpunan *Concordance Index*

\underline{c} = Nilai ambang *concordance* (*Threshold*)

Untuk matriks *discordance* dominan G dengan *Threshold* \underline{d} dapat diperoleh dengan 3.17:

$$\underline{d} = \frac{\sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m d_{kl}}{m(m-1)} \quad (3.17)$$

Dengan,

\underline{d} = Nilai ambang *discordance* dominan G (*Threshold*)

m = Bentuk ukuran matriks

d_{kl} = Himpunan *Discordance Index*

Sehingga elemen – elemen matriks *concordance* F:

$$g_{kl} = \begin{cases} 1, & \text{jika } d_{kl} \geq \underline{d} \\ 0, & \text{jika } d_{kl} < \underline{d} \end{cases} \quad (3.18)$$

Dengan,

g_{kl} = elemen-elemen matriks dominan F

\underline{d} = Nilai ambang *concordance* dominan F

d_{kl} = Himpunan *Discordance Index*

sehingga didapatkan nilai *threshold* untuk matriks F atau matriks *concordance* dominan sebesar 1,50 dan nilai *threshold* untuk matriks G atau matriks *discordance* dominan dengan nilai 0,50.

3.8.9 Menentukan Matriks Agregasi

Agregasi dari matriks dominan E bisa didapatkan dengan persamaan 3.19 berikut ini:

$$e_{kl} = f_{kl} \times g_{kl} \quad (3.19)$$

Dengan,

e_{kl} = Agregasi Matriks dominan E

f_{kl} = Matriks *concordance* dominan F

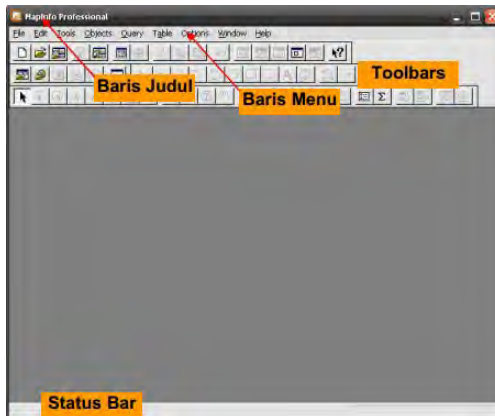
g_{kl} = Matriks *discordance* dominan F

Setelah melakukan matriks agregasi maka didapatkan wilayah di kabupaten Gresik yang diprioritaskan untuk dibangun menara telekomunikasi baru dengan metode *ELECTRE* sesuai peringkat prioritasnya. yaitu:

1. Kecamatan Kedamean
2. Kecamatan Bungah
3. Kecamatan Cerme
4. Kecamatan ujung pangkah
5. Kecamatan Balong Panggang, Kecamatan Sidayau dan Kecamatan Wringin Anom
6. Kecamatan Tambak

3.8 Pengolahan Peta Digital

Untuk melakukan pengolahan peta digital pada tugas akhir ini menggunakan *software MapInfo V.10*. *MapInfo* adalah salah satu *software* pengolah sistem informasi geografis (SIG). *MapInfo* mempunyai karakteristik yang menarik, seperti mudah untuk digunakan, harga relative murah, tampilan yang interaktif, *user friendly*. Kemudahan lain *MapInfo* tidak memerlukan dukungan *hardware* yang terlalu tinggi, sehingga hampir semua spesifikasi komputer dapat menggunakan *MapInfo*. *Software* ini memiliki kemampuan untuk mengorganisir, memanipulasi, serta menganalisa data. Berikut pada gambar 3.8 contoh tampilan dari *MapInfo*.



Gambar 3. 8 Contoh Tampilan Pada *MapInfo*

Selain itu melalui menu utama ikon menu yang tersedia akan memudahkan pengguna dalam mengoperasikan tanpa perlu menghafal perintah-perintah yang panjang. Pembentukan peta di *MapInfo* dapat diilustrasikan secara analog. Pada *MapInfo*, suatu table dapat digambarkan sebagai satu lembar (*sheet*) dari suatu *film*. Suatu komposisi peta di *MapInfo* merupakan gabungan dari berbagai lembar (*sheet*) yang disusun secara bertumpuk. Istilah yang umum digunakan untuk susunan tersebut adalah *Layering*. Setiap lembar (*sheet*) merupakan *layer* yang dapat digabungkan dan dipasangkan untuk membentuk suatu peta, sehingga dapat dilakukan analisis dari peta yang terbentuk. Satu hal yang harus diingat adalah ketika *MapInfo* melakukan *redraw* peta, maka *MapInfo* akan melakukan *redraw* dari *layer* yang tersusun paling bawah ke *layer* di atasnya. Dan hal ini berlaku sebaliknya jika ingin diketahui informasi dari suatu peta gambar.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 4

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Wilayah Kabupaten Gresik mempunyai kedudukan dan posisi yang strategis, baik dalam konstelasi wilayah Propinsi Jawa Timur maupun yang terkait dengan pengembangan wilayah Gerbang Kertasusila (GKS), menjadi salahsatu kawasan utama yang strategis dalam bidang perindustrian. Oleh karena itu aktifitas penduduk di Kabupaten Gresik tergolong cukup tinggi dan jika dilihat dari sisi pengguna layanan jaringan selular potensi perkembangannya cukup tinggi. Pada BAB IV ini penulis akan menganalisa hasil dari metode perencanaan lokasi yang berpotensi tinggi untuk dilakukan pembangunan menara baru dengan memperhatikan persebaran menara eksisting yang sudah ada dan kebutuhan BTS serta menara baru telekomunikasi untuk lima tahun yang akan datang agar dengan adanya wilayah zona menara baru dapat membangun menara telekomunikasi yang sesuai dengan RTRW Kabupaten Gresik.

4.1 Persebaran Menara Eksisting

Wilayah Kabupaten Gresik yang mempunyai total luas 1.191,25 km² dengan jumlah penduduk 1.324.777 jiwa yang diperoleh dari Dinas Kependudukan, catatan sipil Kabupaten Gresik pada pendataan terakhir tahun 2013. Data yang diperoleh dari Pemerintah Daerah dan survey, untuk menara eksisiting terdapat 264 menara telekomunikasi eksisting dengan jumlah total BTS (2G/3G) 475 buah. Untuk rincian BTS 2G sebanyak 447 buah dan BTS 3G sebanyak 28 buah. Dengan operator yang beroperasi di Kabupaten Gresik diantaranya Tsel, Isat, XL, Axis, HCPT dan Smartfren. Berikut pada tabel 4.1 adalah persebaran menara tiap kecamatan di Kabupaten Gresik:

Tabel 4. 1 Persebaran Menara Telekomunikasi Eksisting di Kabupaten Gresik

| No | Kecamatan | Jumlah Menara | Jumlah BTS 2G | Jumlah BTS 3G | Jumah BTS |
|----|-----------------|---------------|---------------|---------------|-----------|
| 1 | Balong Panggang | 7 | 14 | 1 | 15 |
| 2 | Benjeng | 13 | 22 | 3 | 25 |
| 3 | Bungah | 9 | 19 | 0 | 19 |

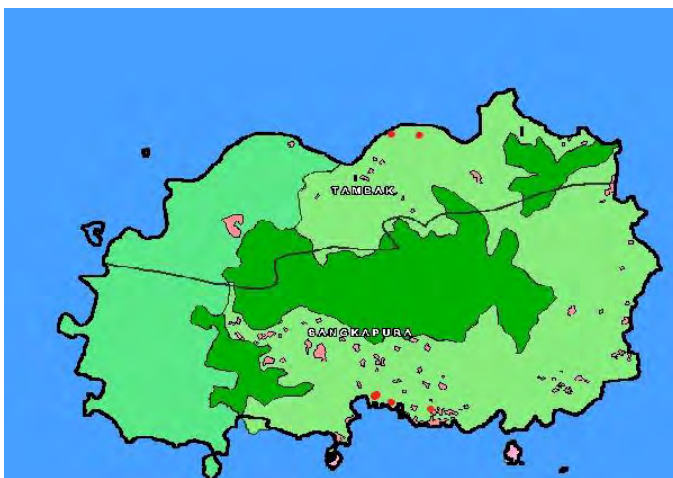
| No | Kecamatan | Jumlah Menara | Jumlah BTS 2G | Jumlah BTS 3G | Jumlah BTS |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|
| 4 | Cerme | 11 | 18 | 0 | 18 |
| 5 | Driyorejo | 33 | 55 | 4 | 59 |
| 6 | Duduk Sampean | 12 | 17 | 0 | 17 |
| 7 | Dukun | 9 | 11 | 0 | 11 |
| 8 | Gresik | 22 | 41 | 5 | 46 |
| 9 | Kebomas | 40 | 70 | 5 | 75 |
| 10 | Kedamean | 8 | 14 | 0 | 14 |
| 11 | Manyar | 32 | 56 | 6 | 62 |
| 12 | Menganti | 25 | 47 | 4 | 51 |
| 13 | Panceng | 10 | 13 | 0 | 13 |
| 14 | Sangkapura | 4 | 4 | 0 | 4 |
| 15 | Sidayu | 8 | 14 | 0 | 14 |
| 16 | Tambak | 2 | 2 | 0 | 2 |
| 17 | Ujung Pangkah | 9 | 13 | 0 | 13 |
| 18 | Wringin Anom | 10 | 17 | 0 | 17 |
| Total | | 264 | 447 | 28 | 475 |

Di Kabupaten Gresik yang memiliki jumlah menara eksisting terbanyak terdapat pada kecamatan Kebomas dengan luas wilayah 30,06 km² dimana terdapat 40 menara dengan 75 BTS eksisting. Kecamatan Gresik sebagai kecamatan yang padat akan jumlah menara dengan luas wilayah 5,54 km² memiliki 22 menara dengan jumlah BTS 46 buah. Kedua kecamatan tersebut adalah sebagai wilayah terpadat dengan aktivitas ekonomi yang tinggi dan tergolong sebagai wilayah *suburban* yang ada di Kabupaten Gresik. Kedua kecamatan tersebut sebagai pusat industri yang ada di kabupaten Gresik, dan untuk menopang kegiatan tersebut wajar jika mempunyai jumlah menara yang jauh lebih banyak dibandingkan dengan tempat yang lainnya. Untuk melakukan penambahan menara telekomunikasi ini tergantung pada potensi

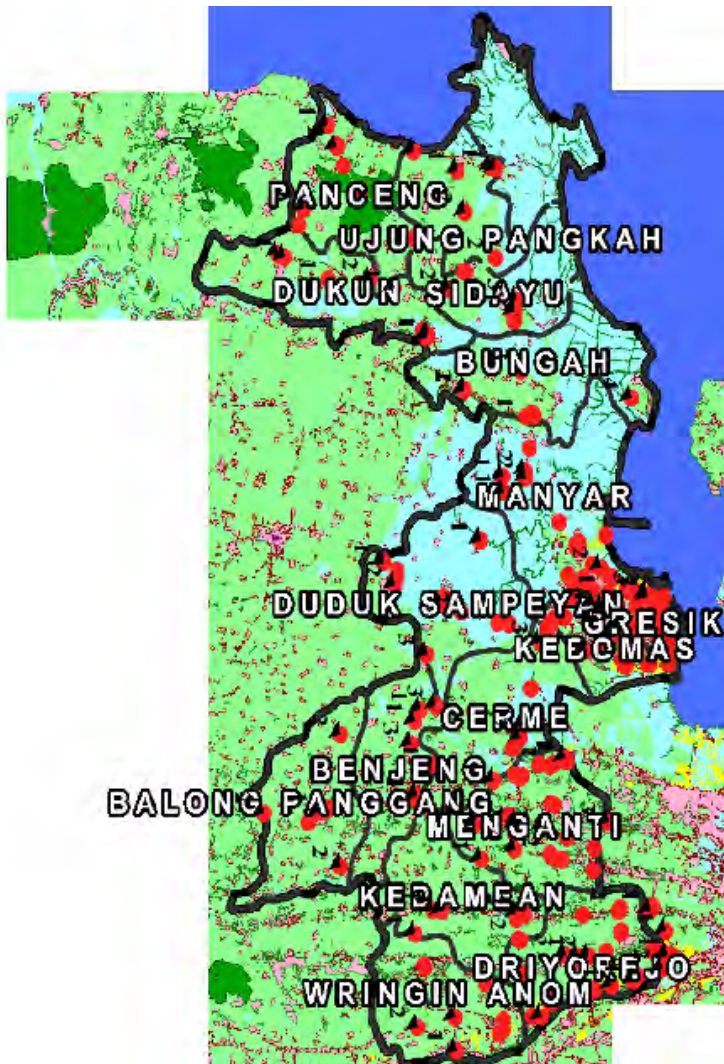
perkembangan di wilayah tersebut, presentase pertumbuhan penduduk yang mengacu pada perkembangan penduduk untuk lima tahun mendatang, yang akan berpengaruh juga pada pengguna layanan jaringan seluler.

4.1.1 Visualisasi Titik Menara Eksisting

Menara eksisting yang sudah disimpan dalam data *Ms.Excel* yang terdiri dari nama kecamatan, *longitude* dan *latitude*, dan jumlah dari BTS setiap kecamatan, setelah itu data tersebut dibuka dalam *software MapInfo V.10*, akan muncul tabelnya dalam layer *mapinfo* selanjutnya melakukan *creat point* dengan memilih tanda *dot* atau titik pada pengaturannya, maka data yang dari tabel tersebut sudah melakukan proses *plotting* secara otomatis selanjutnya masukan pada layer *workspace* peta digital Kabupaten Gresik, gambarnya bisa dilihat di gambar 4.1 dan 4.2.



Gambar 4. 1 Peta Persebaran Menara Eksisting di Kepulauan Bawean Berbasis *MapInfo*



Gambar 4. 2 Peta persebaran Menara Eksisting di Kabupaten Gresik Berbasis *MapInfo*

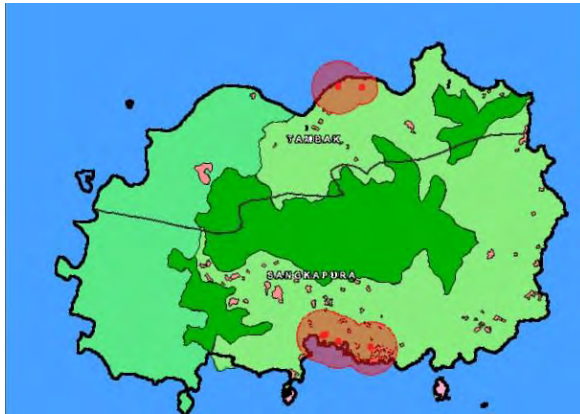
Dari visualisasi tersebut kita bisa melihat persebaran menara eksisting yang diberi tanda titik merah dengan daerah kabupaten Gresik yang dibatasi dengan garis luar berwarna hitam dan kepulauan Bawean. Pulau Bawean mempunyai dua kecamatan yaitu kecamatan Sangkapura dan kecamatan Tambak dengan jumlah 6 menara telekomunikasi eksisting jika dilihat dari jumlahnya memang sangat sedikit, karena pulau Bawean mempunyai jarak yang cukup jauh dari kabupaten Gresik itu sendiri dengan akses yang tidak mudah sehingga penduduk di Pulau Bawean pertumbuhannya masih rendah begitupun juga kepadatannya, masih mempunyai banyak zona hijau atau hutan seluas 944.64 Ha. Untuk wilayah yang lain seperti Kecamatan Driyorejo, Menganti dan Gresik persebaran menara eksisting di tiga kecamatan tersebut cukup banyak, mengingat Kecamatan Driyorejo berada pada daerah perbatasan dengan Kecamatan Lakarsantri Surabaya di sebelah Utara dan sebelah selatannya berbatasan dengan Kabupaten Sidoarjo dengan kepadatan penduduk 1,852 per-km² selain itu juga Kecamatan Driyorejo merupakan salahsatu pusat kawasan industri di Kabupaten Gresik. Di wilayah Kecamatan Menganti yang berbatasan langsung dengan Kota Surabaya di sebelah timur menjadikannya sebagai wilayah transisi dengan kependudukan yang cukup ramai dengan tingkat kepadatan 1,597 per-km². Untuk kecamatan-kecamatan lainnya persebaran menara telekomunikais eksisiting masih sedikit.

4.1.2 Visualisasi Zona Menara Eksisting

Titik-titik menara BTS eksisting yang tersebar di Kabupaten Gresik mempunyai radius yang berbeda-beda karena tergantung dari keadaan wilayah dimana menara tersebut dibangun, selain itu juga disebabkan dari perbedaan tinggi dari setiap menaranya, menara yang berada pada daerah rural biasanya mempunyai cakupan atau radius yang lebih besar jika dibandingkan dengan menara yang berada di daerah suburban atau urban.

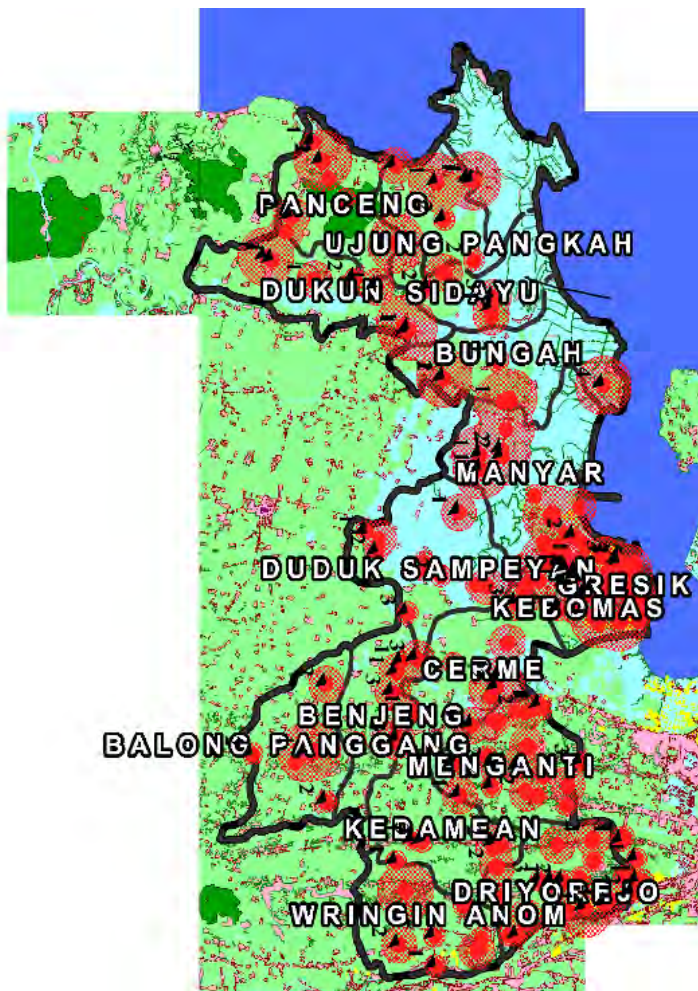
Untuk daerah rural yang mempunyai kepadatan penduduk kurang padat sehingga pemukiman perumahannya masih jarang, biasanya menggunakan menara yang lebih tinggi sehingga radiusnya bisa lebih besar dan mencakupi pemukiman disekitarnya yang masih jarang, beda halnya dengan menara yang berada di daerah urban yang memiliki cakupan radius yang lebih kecil karena menggunakan layanan jaringan 3G dan dengan kepadatan penduduk yang sangat padat dan rapat sehingga

radius cakupannya biasanya tidak terlalu besar. Berikut pada Gambar 4.3 dan 4.4 adalah visualisasi dari zona menara eksisting di Kabupaten Gresik.



Gambar 4. 3 Peta Persebaran Zona Menara Eksisting di Pulau Bawean

Untuk mencari besar radius dari titik pusat zona menara eksisting bisa didapatkan dengan persamaan (3.8) dengan hasil yang tertera pada tabel 3.3 dan tabel 3.4. Setelah melakukan perhitungan radiusnya selanjutnya melakukan proses *plotting* dengan memasukkan data tabel berupa *Ms. Excel* ke dalam *MapInfo* dan *creat point* sesuai *longitude* dan *latitude*-nya, jika dalam satu tower telekomunikasi terdapat tower 2G dan 3G maka yang akan divisualisasikan di dalam *MapInfo* adalah layanan 2G yang memiliki *coverage* yang lebih luas. Jelas terlihat pada pulau Bawean yang mempunyai dua kecamatan yaitu Kecamatan Tambak dan sangkapura masih mempunyai menara eksisting yang sangat sedikit jika dibandingkan dengan kecamatan-kecamatan yang lainnya karena kepulauan bawean terbilang cukup jauh, dengan kepadatan penduduk yang kurang dan masih terdapat area-area hijau atau hutan-hutan lindung yang dikelola oleh pemerintah.



Gambar 4. 4 Peta Persebaran Zona Menara Eksisting di Kabupaten Gresik

4.2 Perencanaan Kebutuhan Menara Baru Telekomunikasi Bersama

Setelah melakukan beberapa langkah perhitungan sebelumnya yaitu jumlah pengguna seluler, kapasitas total trafik, kebutuhan BTS, kita bisa mengestimasi kebutuhan menara baru.

4.2.1 Perhitungan Estimasi Jumlah Pengguna Layanan Seluler

Untuk perhitungan estimasi jumlah pengguna seluler penghitungannya menggunakan persamaan (3.3), Berikut pada tabel 4.2 hasil perhitungannya.

Tabel 4. 2 Perhitungan Estimasi Jumlah Pengguna Layanan seluler

| No | Kecamatan | Penduduk 2020 | Jumlah User 2020 |
|--------------|-----------------|---------------|------------------|
| | balong panggang | 64216 | 36282 |
| 2 | benjeng | 74121 | 41878 |
| 3 | bungah | 76230 | 43070 |
| 4 | cerme | 91453 | 51671 |
| 5 | Driyorejo | 125123 | 70694 |
| 6 | Duduk sampean | 56850 | 32120 |
| 7 | Dukun | 75962 | 42918 |
| 8 | Gresik | 98686 | 55757 |
| 9 | Kebomas | 121001 | 68365 |
| 10 | Kedamean | 70887 | 40051 |
| 11 | Manyar | 130731 | 73863 |
| 12 | Menganti | 144262 | 81508 |
| 13 | Panceng | 58560 | 33087 |
| 14 | Sangkapura | 93828 | 53013 |
| 15 | Sidayu | 48605 | 27462 |
| 16 | Tambak | 51252 | 28957 |
| 17 | Ujung pangkah | 57648 | 32571 |
| 18 | Wringin anom | 88186 | 49825 |
| TOTAL | | 1527602 | 863095 |

dimana untuk asumsi persentase jumlah pengguna layanan seluler di kabupaten Gresik ini 56,5 % sebagai persentase pengguna layanan seluler untuk wilayah Jawa Timur-Bali Nusa Tenggara yang didata pada tahun 2010 bisa dilihat pada gambar (3.6). Sedangkan untuk persentase pertumbuhan penduduk Kabupaten Gresik pada penelitian ini dirata-ratakan dari laju pertumbuhan penduduk pada tahun 2001, 2011 dan 2012. Dengan asumsi tersebut maka kita bisa mendapatkan estimasi jumlah pengguna layanan seluler pada tahun 2020.

4.2.2 Perhitungan kapasitas Total Trafik dan Estimasi Kebutuhan BTS

Sebelumnya kita harus mengetahui jumlah kanal yang terdapat di BTS, pada perencanaan sel ini digunakan konfigurasi BTS 3/3/3 yaitu 1 sektor BTS tersebut memiliki 3 TRx (*Tranceiver* atau *receive*). Untuk 1 TRx sama dengan 8 kanal atau saluran serta di dalam BTS terdapat 3 antena sektoral. Di dalam 1 sektor BTS tersebut dari 8 kanal atau saluran akan digunakan 1 kanal untuk proses *signalling* yaitu 1 kanal SDCCH, dan 1 kanal BCCH dan sisanya akan digunakan untuk saluran pembicaraan.

Sehingga dalam satu sektor yang mempunyai 3 TRx $3 \times 8 - 2 = 22$ kanal jadi jika dalam 1 BTS yang mempunyai 3 sektor dengan 1 sektornya mempunyai 3 TRx maka terdapat $3 \times 22 = 66$ kanal. Secara normal 66 kanal BTS dapat menampung 66 Erlang trafik yang akan masuk dengan 1 kanal dapat menyediakan 1 Erlang. Kondisi ini belum termasuk batasan dari nilai GOS (*Grade of Service*) untuk setiap BTS sebagai persentase kegagalan dalam melayani permintaan panggilan.

Nilai GOS yang digunakan sebesar 2%, selanjutnya kita menggunakan Tabel Erlang B untuk menentukan trafik yang dimiliki tiap sektor BTS. N di kolom sebelah kanan adalah jumlah kanal yang tersedia dalam 1 sektor yaitu 66 kanal, untuk nilai GOS-nya menggunakan 2% yang berada pada baris atas sehingga jumlah trafik yang disediakan adalah 55,33 Erlang seperti gambar 4.5.

| N/B | 0,5 | 1,0 | 2 | 5 |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| 63 | 47.42 | 49.69 | 52.48 | 57.59 |
| 64 | 48.31 | 50.60 | 53.43 | 58.60 |
| 65 | 49.20 | 51.52 | 54.38 | 59.61 |
| 66 | 50.09 | 52.44 | 55.33 | 60.62 |

Gambar 4. 5 Menentukan Trafik yang Dimiliki Tiap Sektor BTS

Setelah melakukan perhitungan kapasitas 1 BTS, didapat bahwa 1 BTS dengan konfigurasi 3 TRx dengan 3 antena sektoral adalah 55,33 Erlang, maka kemampuan suatu BTS dapat dihitung dengan formula 3.5 dengan contoh sebagai berikut:

$$\text{Kemampuan BTS} = \frac{\text{Kapasitas 1 BTS}}{\text{Trafik per pelanggan}} = \frac{55,33 \text{ Erlang}}{26,602} = 2161 \text{ User/BTS}$$

Dari contoh tersebut satu BTS secara teoritis dapat melayani sejumlah 2161 *User*. Dan jumlah BTS yang dibutuhkan dalam melayani pengguna seluler adalah hasil dari total seluruh trafik yang dibangkitkan pelanggan seluler dibagi dengan kapasitas 1 BTS. Total seluruh trafik yang dibangkitkan pelanggan seluler dibagi dengan kapasitas 1 BTS. Perhitungan ini menggunakan formula pada (3.6), misal untuk kecamatan Balong Panggang untuk 2020:

$$B = \frac{\text{Total Trafik}}{\text{Kapasitas BTS}} = \frac{1134}{55,33} = 20,49 = 21 \text{ BTS}$$

*Hasil perhitungannya dibulatkan ke atas.

Setelah itu dapat dihitung kapasitas trafik yang dimiliki BTS per area Kecamatan di Kabupaten Gresik. Dengan daerah Kabupaten Gresik terdiri dari wilayah *Sub Urban* dan *Rural* jadi untuk intensitas trafik yang dibangkitkan tiap pelanggan digunakan 41,67 miliErlang untuk daerah *Sub Urban* dan 31,25 miliErlang untuk daerah *Rural* sesuai dengan perhitungan (2.1). Untuk menentukan total trafik yang dibangkitkan dan mengestimasi kebutuhan BTS pada tahun 2020 menggunakan persamaan (3.4) dan (3.5) berikut hasilnya pada tabel 4.3 dan tabel 4.4.

Tabel 4. 3 Total Kebutuhan Trafik yang Dibangkitkan Pada Tahun 2020

| No | Kecamatan | Topologi Wilayah | Penduduk 2020 (jiwa) | Jumlah User 2020 (jiwa) | Total Trafik 2020 (Erlang) |
|--------------|-----------------|------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|
| 1 | balong panggang | Rural | 64216 | 36282 | 1134 |
| 2 | benjeng | Rural | 74121 | 41878 | 1309 |
| 3 | bungah | Rural | 76230 | 43070 | 1346 |
| 4 | cerme | Rural | 91453 | 51671 | 1615 |
| 5 | Driyorejo | Rural | 125123 | 70694 | 2209 |
| 6 | Duduk sampean | Rural | 56850 | 32120 | 1004 |
| 7 | Dukun | Rural | 75962 | 42918 | 1341 |
| 8 | Gresik | Suburban | 98686 | 55757 | 2323 |
| 9 | Kebomas | Suburban | 121001 | 68365 | 2849 |
| 10 | Kedamean | Rural | 70887 | 40051 | 1252 |
| 11 | Manyar | Rural | 130731 | 73863 | 2308 |
| 12 | Menganti | Rural | 144262 | 81508 | 2547 |
| 13 | Panceng | Rural | 58560 | 33087 | 1034 |
| 14 | Sangkapura | Rural | 93828 | 53013 | 1657 |
| 15 | Sidayu | Rural | 48605 | 27462 | 858 |
| 16 | Tambak | Rural | 51252 | 28957 | 905 |
| 17 | Ujung pangkah | Rural | 57648 | 32571 | 1018 |
| 18 | Wringin anom | Rural | 88186 | 49825 | 1557 |
| TOTAL | | | 1527602 | 863095 | 28265 |

Dari data estimasi total kebutuhan trafik yang dibutuhkan pada tahun 2020 ini kita bisa mengetahui jumlah kebutuhan BTS untuk tahun 2020 guna untuk melayani atau menyanggupi semua permintaan trafik di setiap kecamatan di Kabupaten Gresik.

Tabel 4. 4 Jumlah Kebutuhan BTS Untuk Tahun 2020

| No | Kecamatan | Topologi Wilayah | Jumlah BTS 2015 | Jumlah BTS 2020 |
|-------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 1 | balong panggang | Rural | 15 | 21 |
| 2 | benjeng | Rural | 25 | 24 |
| 3 | bungah | Rural | 19 | 25 |
| 4 | cerme | Rural | 18 | 30 |
| 5 | Driyorejo | Rural | 59 | 40 |
| 6 | Duduk sampean | Rural | 17 | 19 |
| 7 | Dukun | Rural | 11 | 25 |
| 8 | Gresik | Suburban | 46 | 42 |
| 9 | Kebomas | Suburban | 75 | 52 |
| 10 | Kedamean | Rural | 14 | 23 |
| 11 | Manyar | Rural | 62 | 42 |
| 12 | Menganti | Rural | 51 | 47 |
| 13 | Panceng | Rural | 13 | 19 |
| 14 | Sangkapura | Rural | 4 | 30 |
| 15 | Sidayu | Rural | 14 | 16 |
| 16 | Tambak | Rural | 2 | 17 |
| 17 | Ujung pangkah | Rural | 13 | 19 |
| 18 | Wringin anom | Rural | 17 | 29 |
| TOTAL | | | 475 | 591 |

4.2.3 Perhitungan Kebutuhan Menara Baru

Kemudian selanjutnya melakukan perhitungan jumlah kebutuhan menara baru telekomunikasi untuk tahun 2020 dengan asumsi satu menara dapat menampung 4 BTS, yang mengacu pada fomula (3.7) seperti berikut:

$$M_{2020} = \frac{B_{2020} - B_{2015}}{4} + M_{2015}$$

$$M_{2020} = \frac{21-15}{4} + 7 = 8,5 \text{ Menara}$$

Untuk hasil perhitungannya dibulatkan ke atas. Pada tabel 4.5 bisa dilihat hasil perhitungan kebutuhan menara baru telekomunikasi di Kabupaten Gresik. Pada tahun 2015 terdapat 264 menara telekomunikasi dan pada tahun 2020 jumlah menara bertambah menjadi 298 menara, jika dilihat dari tingkat kebutuhan menara telekomunikasi dibandingkan dengan

menara telekomunikasi yang eksisting sehingga diperlukan 34 menara baru untuk memenuhi kebutuhan pengguna layanan jaringan seluler pada tahun 2020.

Tabel 4. 5 Jumlah Kebutuhan Menara Pada Tahun 2020

| No | Kecamatan | Eksisting 2015 | | Kebutuhan 2020 | |
|-------|-----------------|----------------|------------|----------------|------------|
| | | Jumlah Menara | Jumlah BTS | Jumlah Menara | Jumlah BTS |
| 1 | Balong panggang | 7 | 15 | 9 | 21 |
| 2 | Benjeng | 13 | 25 | 13 | 24 |
| 3 | Bungah | 9 | 19 | 11 | 25 |
| 4 | Cerme | 11 | 18 | 14 | 30 |
| 5 | Driyorejo | 33 | 59 | 28 | 40 |
| 6 | Duduk sampean | 12 | 17 | 13 | 19 |
| 7 | Dukun | 9 | 11 | 13 | 25 |
| 8 | Gresik | 22 | 46 | 21 | 42 |
| 9 | Kebomas | 40 | 75 | 34 | 52 |
| 10 | Kedamean | 8 | 14 | 11 | 23 |
| 11 | Manyar | 32 | 62 | 27 | 42 |
| 12 | Menganti | 25 | 51 | 24 | 47 |
| 13 | Panceng | 10 | 13 | 12 | 19 |
| 14 | Sangkapura | 4 | 4 | 11 | 30 |
| 15 | Sidayu | 8 | 14 | 9 | 16 |
| 16 | Tambak | 2 | 2 | 6 | 17 |
| 17 | Ujung Pangkah | 9 | 13 | 11 | 19 |
| 18 | Wringin anom | 10 | 17 | 13 | 29 |
| TOTAL | | 264 | 475 | 298 | 591 |

4.3 Hasil Implementasi Metode *ELECTRE*

Pada implementasi metode *ELECTRE* ini sudah dijelaskan tahap-tahap pengolahannya pada BAB 3, mempunyai 13 tahap pegolahan data untuk membandingkan 18 kecamatan di Kabupaten Gresik, dilakukan perbandingan dengan beberapa kriteria diantaranya kepadatan penduduk,

jumlah BTS eksisting dan RTRW Kabupaten Gresik, dari setiap kriteria tersebut dilakukan penilaian menggunakan bantuan bilangan *Fuzzy*. Pada BAB 3 setelah mendapatkan matriks V selanjutnya menentukan matriks *concordance* dan *discordance Index* untuk matriksnya terlampir pada lampiran F, begitupun dengan matriks *concordane* dominan dan *discordance* dominan, tahap terakhir yaitu matriks agregasi yang diperoleh dari kombinasi antara matriks F (matriks *concordance* dominan) dan matriks G (matriks *discordance* dominan) , sehingga kecamatan yang memiliki nilai agregasi paling tinggi ialah yang memiliki potensi paling tinggi untuk dibangun menara baru berikut pada tabel 4.6 hasil ranking matriks agregasi dominan, yang diurutkan dari tertinggi ke terendah.

Tabel 4. 6 Hasil Rangking Matriks Agregasi dominan

| No | Kecamatan | Hasil Matriks agregasi |
|----|-----------------|------------------------|
| 1 | Kedamean | 6 |
| 2 | Bungah | 5 |
| 3 | Cerme | 4 |
| 4 | Ujung Pangkah | 3 |
| 5 | Balong Panggang | 2 |
| 6 | Sidayu | 2 |
| 7 | Wringin Anom | 2 |
| 8 | Tambak | 1 |

Pada tabel di atas dapat dilihat setelah melakukan pengolahan pengambilan keputusan dengan metode *ELECTRE* bahwa kecamatan Kedamean mempunyai prioritas pertama dan Kecamatan Bungah merupakan wilayah prioritas kedua untuk dibangun menara baru berdasarkan kriteria yang sudah ditentukan, selanjutnya Kecamatan Tambak yang terletak di pulau Bawean sebelah utara Kabupaten Gresik menduduki peringkat terakhir. untuk kecamatan yang mempunyai hasil matriks agregasi yang sama bisa dilakukan pembangunan menara baru antara salahsatunya seperti Balong Panggang, Sidayu dan Wringin anom. Dalam metode *ELECTRE* ini kita tidak dapat menyimpulkan apapun tentang hubungan antara kecamatan yang satu dengan yang lainnya karena matriks agregasi dominan ini merupakan kombinasi matriks *concordane* dan *discordance* yang bernilai 0 dan 1, sehingga kita hanya

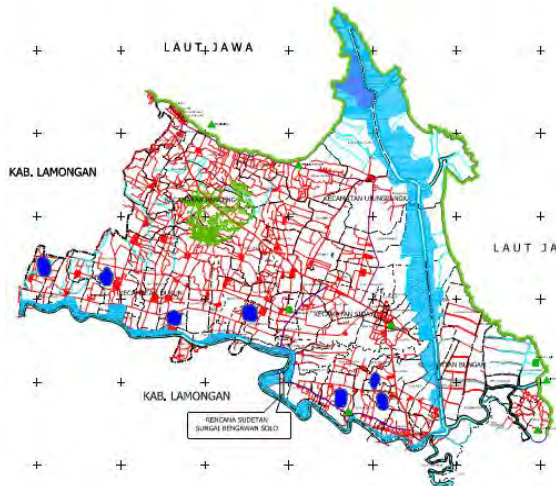
bisa menyimpulkan alternatif atau kecamatan yang mempunyai nilai 1 saja. Akan tetapi untuk kecamatan yang lainnya masih bisa dilakukan pembangunan menara baru, pada tabel 4.6 hanya merupakan wilayah-wilayah yang harus diprioritaskan dalam pembangunan menara.

4.4 Penentuan Lokasi Potensial Zona Menara Baru Prioritas Utama

Untuk melakukan penentuan lokasi menara baru ini perlu memperhatikan Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik serta asas-asas dalam pembangunan menara telekomunikasi yang berupa kaidah tata ruang, manfaat yang berkelanjutan, keselamatan, keselarasan, dan keserasian harus memperhatikan hukum, merata atau adil dan juga harus memperhatikan estetika. Kabupaten Gresik jika dibagi dalam Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWP) dibagi menjadi 4 wilayah SSWP yang di dalamnya terdapat rencana pengembangan wilayah, rencana kawasan lindung dan yang lainnya.

4.4.1 Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWPI)

Untuk SSWP1 terdiri dari Kecamatan Panceng, Kecamatan Dukun, Kecamatan Sidayu, kecamatan Bungah dan Kecamatan Ujung Pangkah seperti pada gambar 4.6.

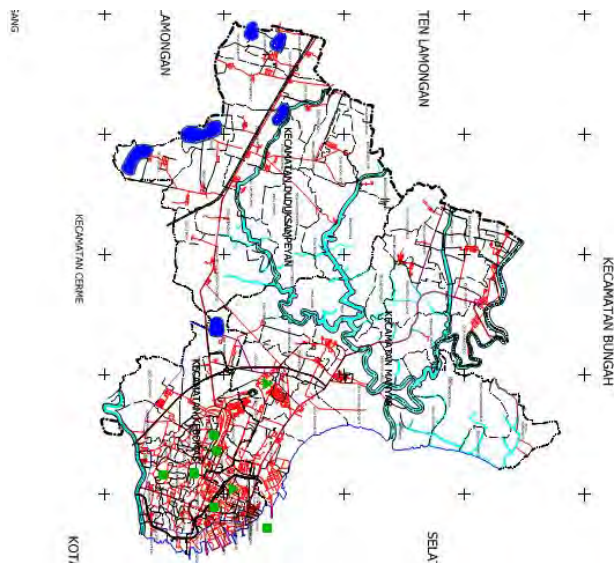


Gambar 4. 6 Sub Satuan Wilayah Pembangunan 1 (SSWPI) [14]

Pada SSWP1 ini mempunyai kegiatan utama diantaranya industri, Pertanian tanaman pangan, pertambangan, perikanan, perumahan dan pariwisata. Ada beberapa hal yang harus diperhatikan untuk penentuan lokasi zona menara baru pada wilayah SSWP1 ini karena mempunyai cagar alam yang terletak di Kecamatan Bungah, Kecamatan Sidayu dan mempunyai suaka alam yang berada di Kecamatan Bungah, Ujung Pangkah dan Kecamatan Panceng selain itu juga di Kecamatan panceng terdapat Hutan lindung.

4.4.2 Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWPII)

Untuk Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWPII) terdiri dari kecamatan Kebomas, Kecamatan Manyar dan Kecamatan Duduk Sampeyan ditunjukkan pada gambar 4.7.



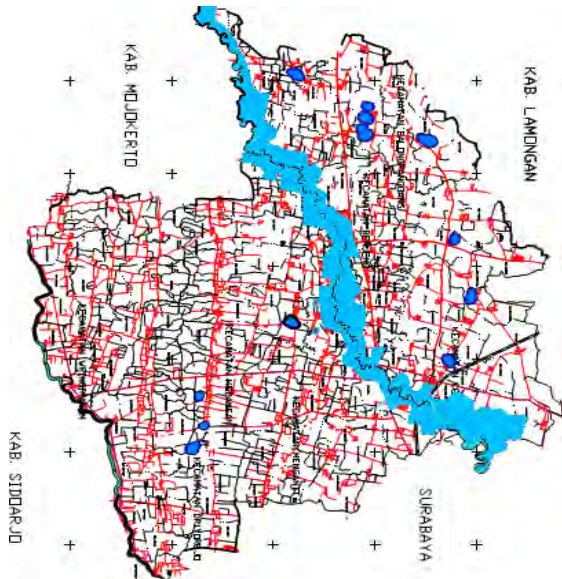
Gambar 4. 7 Sub Satuan Wilayah Pembangunan2 (SSWPII)[14]

Pada SSWPII ini kegiatan utamanya perdagangan, pertanian tanaman pangan, industri, perikanan dan pariwisata serta mempunyai kawasan lindung cagar budaya sejumlah 3 kawasan di daerah kebomas

dan satu kawasan suaka alam yang terletak di Kecamatan Kebomas. Sehingga perlu diperhatikan untuk menghargai kearifan lokal dan nilai estetika wilayah tersebut. Pada wilayah ini pula terdapat daerah *sub urban* yaitu di kecamatan Kebomas, kecamatan ini dapat dibilang kecamatan yang maju, karena kecamatan ini merupakan salah satu bagian dari CBD (*Centre Business district*) dengan beberpa bangunan penting seperti Pabrik Semen Gresik, rumah sakit Gresik (Bunder), Masjid Agung Gresik, Makam Sunan Giri. Selain itu mempunyai jalan raya utama yang padat yaitu jalan utama luar kota menuju ke kota Lamongan, Tuban dan yang lainnya.

4.4.3 Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWP III)

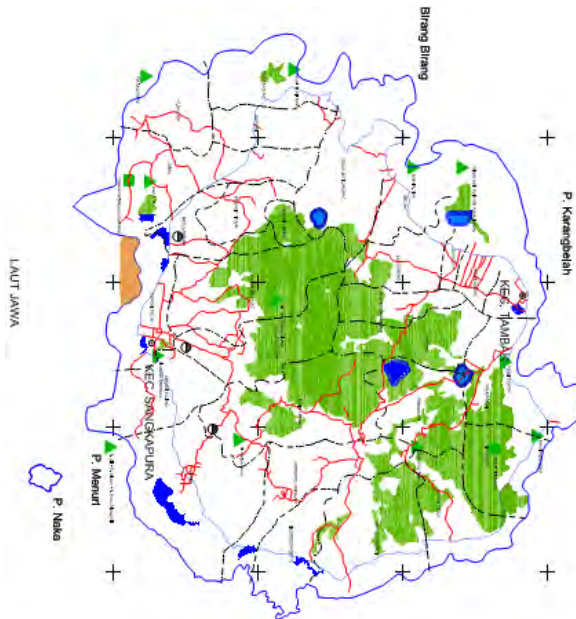
Di SSWP III terdiri dari kecamatan Balong Panggang, Kecamatan Benjeng, Kecamatan Cerme, Kecamatan Menganti, Kecamatan Driyorejo, Kecamatan Kedamean, Kecamatan Wringin Anom dan Kecamatan balong Panggang, berikut gambarnya pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Sub Satuan Wilayah Pembangunan3 (SSWP III)[14]

4.4.4 Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWP-IV)

Pada Wilayah SSWP-IV ini terdiri dari kecamatan Tambak dan Kecamatan Sangkapura yang terletak di Pulau Bawean. Yang ditunjukkan pada gambar 4.9. Kegiatan utama di wilayah SSWP-IV ini adalah perdagangan, pertanian tanaman pangan, perikanan, pertambangan, pariwisata dan industri. Di pulau Bawean ini kepadatan penduduknya rendah sehingga masih terdapat banyak hutan yang ditunjukkan dengan warna hijau merupakan hutan lindung, mempunyai cagar budaya yang berlokasi di Kecamatan Tambak dan Kecamatan sangkapura selain itu juga memiliki beberapa lokasi suaka alam sebanyak 6 lokasi di Kecamatan Sangkapura dan 5 lokasi di Kecamatan Tambak.



Gambar 4. 9 Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWP-IV)[14]

Dengan mengetahui karakteristik wilayah pembangunan dapat membantu penentuan lokasi zona menara baru baik yang prioritas utama

atau tidak, agar sesuai dengan RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) Kabupaten Gresik.

4.4.5 Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik

Berdasarkan Peraturan daerah Kabupaten Gresik no 8 tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik Tahun 2010-2030 untuk prospek pengembangan kawasan strategis di Kabupaten Gresik antara lain:

1. Rencana pengembangan kawasan strategis dari sudut kepentingan ketahanan ekonomi, yaitu kawasan industri, perdagangan dan pelabuhan di Kecamatan manyar.
2. Rencana pengembangan kawasan strategis dari sudut kepentingan fungsi dan daya dulung lingkungan, yaitu kawasan pertanian dan argoindustri yang memanfaatkan Bendung Gerak Sembayat dan kawasan pengelolaan sumberdaya buatan di Kecamatan Kedamean seluas ± 90 Ha.
3. Rencana pengembangan kawasan strategis Sosio-Kultural di kawasan makam salahsatu penyebar agama islam (wali songo), yaitu Makam Maulana Malik Ibrahim dan Makam Sunan Giri (Giri Kedaton).
4. Kawasan strategis teknologi tinggi di kabupaten gresik ditetapkan di Kawasan Industri Gresik (KIG).

Untuk pembahasan arahan pengembangan jaringan telekomunikasi nirkabel atau seluler adalah sebagai berikut :

1. Pengembangan jaringan telepon tanpa kabel melalui pendirian menara telekomunikasi pada kawasan yang belum terjangkau layanan telekomunikasi di seluruh kecamatan; dan
2. Mengembangkan menara telekomunikasi bersama, sehingga pada satu menara terdapat beberapa panyedia jasa telekomunikasi dengan pengelolaan secara bersama di seluruh kecamatan. [6]

Dalam setiap peraturan daerah Rencana dan Tata Ruang Wilayah mempunyai zonasi-zonasi perencanaan dari berbagai aspek seperti zona perencanaan wilayah Industri, zona kawasan pertambangan, zona

perencanaan kawasan pariwisata budaya dan juga termasuk zona perencanaan wilayah telekomunikasi dengan seiring majunya teknologi diantisipasi pembangunannya dengan peraturan-peraturan zona yang sudah ditentukan berdasarkan karakteristik dan daya dukungnya serta didukung oleh teknologi yang sesuai, akan meningkatkan keserasian, keselarasan dan keseimbangan subsistem yang berpengaruh pada subsistem lainnya.

4.4.6 Visualisasi Zona Menara Baru

Untuk menentukan lokasi menara baru ini menggunakan zona dengan radius 300 m dari titik pusat zona Menara baru [15], hal ini berdasarkan peraturan Bupati Gresik no 28 tahun 2013 tentang Pedoman Pelaksanaan Penataan dan Pengawasan Zona Lokasi Menara Telekomunikasi Bersama. Selain itu juga dengan mempertimbangkan potensi ketersediaan lahan, perkembangan teknologi, permintaan jasa telekomunikasi baru, kepadatan pemakaian jasa telekomunikasi, kaidah penataan ruang, tata bangunan, estetika, keamanan lingkungan, dan kebutuhan luasan area Menara [15].

Zona penempatan Menara baru (lokasi *cell plan*) adalah zona yang disediakan untuk lokasi Menara-menara baru, yang memiliki quota jumlah Menara baru dan data teknis berupa koordinat titik tengah dan koordinat batas-batas zona/radius zona. Peta zona Menara baru pada *Mapinfo* digambarkan dengan lingkaran berwarna biru dengan radius 300 m dari titik pusat zona Menara baru.

Visualisasi untuk Menara baru tidak digambarkan dalam titik melainkan dalam bentuk zona. Hal ini disebabkan kondisi lokasi yang belum diketahui secara akurat sehingga pembangunan Menara bisa disesuaikan dengan kondisi lahan. Apabila koordinat pembangunan tidak sesuai dengan kondisi lahan di lapangan maka koordinat tersebut bisa digeser atau bisa disesuaikan dalam jarak toleransi yang telah ditentukan dari radius zona menara baru.

Berdasarkan perhitungan kebutuhan menara pada tahun 2020 terdapat 34 zona menara baru. Terdapat enam kecamatan dengan hasil minus untuk kebutuhan menara di tahun 2020 ini berarti ke enam kecamatan tersebut tidak membutuhkan penambahan menara baru karena dengan menara eksisting yang telah ada mampu memenuhi kebutuhan

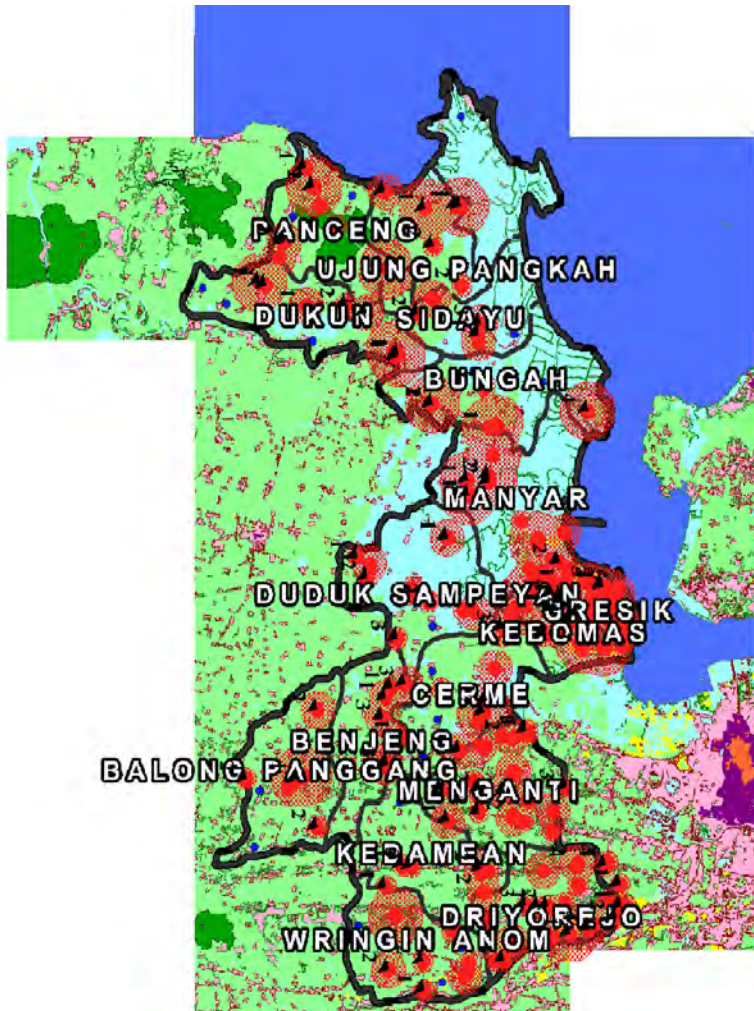
layanan seluler. Ke enam kecamatan tersebut adalah Benjeng, Driyorejo, Gresik, Kebomas, manyar dan Menganti. Ke 34 menara baru tersebut tersebar di 12 area kecamatan di Kabupaten Gresik. Untuk peta persebaran zona biru radius 300 m untuk zona menara baru telekomunikasi ditampilkan pada gambar 4.10 dan gambar 4.11. Adapun untuk melakukan *plotting* atau penempatan zona-zona menara baru tersebut harus ditempatkan pada wilayah perumahan (*residential*) yang ditandai dengan warna merah, karena sangat memungkinkan kawasan tersebut untuk beberapa tahun yang akan datang akan mengalami pertumbuhan sehingga menara yang akan dibangunpun menjadi fungsional dan dapat digunakan dengan maksimal.



Gambar 4. 10 Peta Persebaran Zona Biru Untuk Menara Baru di Pulau bawean Kabupaten Gresik Berbasis *MapInfo*

Zona Biru untuk penempatan menara baru telekomunikasi pada tahun 2020 di kepulauan Bawean yaitu kecamatan Tambak mempunyai penambahan menara baru sebanyak tiga menara yang sebelumnya hanya mempunyai dua menara telekomunikasi, sedangkan untuk kecamatan Sangkapura mempunyai penambahan zona biru untuk pembangunan

menara sebanyak tujuh menara telekomunikasi yang awalnya hanya mempunyai 4 menara.



Gambar 4. 11 Peta Persebaran Zona Biru Untuk Menara Baru di Kabupaten Gresik Berbasis *MapInfo*

Untuk melakukan penempatan zona menara telekomunikasi di kepulauan Bawean harus sesuai dengan RTRW kabupaten Gresik yang sebelumnya sudah dibahas di Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWPIV) dimana mempunyai lokasi suaka alam sebanyak 6 lokasi di Kecamatan Sangkapura, 5 lokasi di Kecamatan Tambak dan Hutan lindung, dimana lokasi-lokasi tersebut dilarang untuk pembangunan menara kecuali untuk mendukung kelangsungan fungsi kawasan dan mengacu peraturan perundang-undangan sektor terkait [4] .

Pada gambar 4.11 kecamatan yang menjadi prioritas utama yaitu kecamatan Kedamean, Kecamatan Bungah, Kecamatan Cerme, Kecamatan Ujung Pangkah, Kecamatan Sidayu, Kecamatan Wringin Anom dan Kecamatan Balong Panggang. Kecamatan Kedamean menjadi prioritas pertama untuk dibangun menara telekomunikasi, mempunyai tiga menara telekomunikasi untuk kecamatan Kedamean dengan delapan menara eksisting. Bungah berada pada prioritas kedua dengan penambahan dua menara telekomunikasi dengan menara eksisting sembilan menara dan Untuk prioritas ketiga yaitu Kecamatan Cerme dengan penambahan tiga menara baru dan mempunyai sebelas menara eksisting, prioritas ke empat adalah kecamatan Ujung Pangkah dengan penambahan dua menara telekomunikasi dan sembilan tower menara eksisting, untuk prioritas ke empat terdiri dari tiga kecamatan diantaranya kecamatan Balong Panggang, Sidayu dan kecamatan Wringin Anom, dan prioritas terakhir yaitu kecamatan Tambak yang berada di Pulau Bawean yang mempunyai dua menara eksisting dan empat menara baru telekomunikasi.

Peringkat prioritas penempatan zona menara baru telekomunikasi sesuai dengan bobot preferensi yaitu kepadatan penduduk, jumlah BTS eksisting dan RTRW kabupaten Gresik, setiap kecamatan yang terdiri dari 18 kecamatan dilakukan perbandingan dari ketiga bobot preferensi tersebut. Dan untuk menentukan jumlah menara yang dibutuhkan di setiap kecamatan diawali dengan menghitung prediksi jumlah penduduk lima tahun yang akan datang di setiap kecamatan, menghitung rata-rata laju penduduk, selanjutnya melakukan perhitungan jumlah pelanggan seluler, setelah mengetahui jumlah pelanggan seluler kita dapat mendapatkan total trafik, dengan mengetahui jumlah total trafik kita dapat menghitung jumlah kebutuhan BTS dari setiap total trafik yang

dibangkitkan oleh pelanggan seluler (Erlang) di setiap kecamatan. Jika dalam perhitungan ini jumlah BTS yang diperlukan lebih sedikit dari BTS yang eksisting dan bernilai minus maka kecamatan tersebut belum membutuhkan BTS tambahan, dengan perhitungan kebutuhan BTS di setiap kecamatan kita akan mengetahui jumlah menara baru yang harus dibangun.

Kecamatan yang mempunyai penambahan menara paling banyak adalah kecamatan sangkapura yang berada di pulau Bawean mengingat Kecamatan sangkapura ini mempunyai laju pertumbuhan penduduk yang besar, akan tetapi menurut metode *ELECTRE* Sangkapura tidak termasuk prioritas utama untuk didirikan menara karena kemungkinan belum sesuai dengan kriteria-kriteria pembobotan. Untuk contoh lain untuk kecamatan Wringin Anom dengan penambahan tiga menara eksisting namun sebagai prioritas ke empat untuk pembangunannya mengingat jika dilihat dari karakteristik wilayahnya termasuk SSWPIII dimana adanya tempat industri dan perdagangan dengan mayoritas permukiman. Proses *plotting* zona menara baru memperhatikan persebaran pertumbuhan penduduk (permukiman), kawasan area strategis, kawasan perindustrian dan perdagangan sebagaimana yang telah dipaparkan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik. Dan untuk kecamatan yang tidak terdapat penambahan zona menara baru tidak dilakukan *plotting*.

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data menara eksisting tahun 2015 di Kabupaten Gresik telah dianalisis dengan menggunakan metode FMADM (*Fuzzy Multi Attribute Descision Maker*) yaitu *ELECTRE* sebagai penentuan keputusan prioritas zona menara baru sesuai dengan RTRW dengan bantuan *Software MapInfo V.10*, maka pada tugas akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengumpulan data, terdapat zona menara eksisting yang terdiri dari 264 menara dan 475 BTS. Dengan layanan seluler 2G berjumlah 447 buah dan layanan 3G berjumlah 28 buah.
2. Untuk mengetahui kebutuhan BTS dan menara baru dengan melakukan peramalan jumlah penduduk, peramalan jumlah pengguna layanan seluler, peramalan kapasitas total trafik sehingga bisa memprediksi kebutuhan BTS dan Menara baru.
3. Untuk lima tahun yang akan datang terdapat 8 prioritas kecamatan yaitu Kecamatan Bungah, Kedamean, Cerme, Ujung Pangkah, Balong Panggang, Sidayu, Wringin Anom dan Tambak.
4. Untuk menentukan prioritas Kecamatan yang berpotensi untuk dibangun BTS atau menara baru, dilakukan perhitungan dengan menggunakan Metode *ELECTRE*, dengan perbandingan berpasangan tiap alternatif dengan tiga kriteria yaitu kepadatan penduduk, Jumlah BTS eksisting dan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW).
5. Untuk menentukan lokasi BTS atau menara baru dilakukan *plotting* menggunakan *MapInfo*, dengan memperhatikan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dan Sub Satuan Wilayah Pembangunan (SSWP) wilayah tersebut.
6. Dari perhitungan kebutuhan BTS dan menara baru pada tahun 2020 didapatkan hasil jumlah kebutuhan total sebanyak 591 BTS dan 298 menara baru dengan total pengguna layanan pada tahun 2020 sebanyak 863.095 jiwa. Sehingga berdasarkan kebutuhan pada tahun 2020 maka jumlah penambahan BTS dan menara baru adalah sebanyak 116 buah BTS dan 34 buah zona menara baru.
7. Dari 18 kecamatan yang ada di Kabupaten Gresik hanya terdapat 12 kecamatan yang diperlukan penambahan menara baru, dengan

prioritas yang berbeda-beda. Untuk kecamatan Manyar, Driyorejo, Benjeng, Gresik, Kebomas dan Menganti memiliki hasil perhitungan minus dan dianggap 0, dan berarti tidak diperlukan penambahan menara baru karena dengan menara eksisting yang ada dinilai mampu mengantisipasi kebutuhan trafik pada tahun 2020.

5.2 Saran

Setelah melakukan analisis pada trafik yang dibutuhkan tahun 2020, dan perhitungan zona menara prioritas menggunakan *ELECTRE* maka pada tugas akhir ini dapat memberikan beberapa saran agar penelitian selanjutnya memperoleh hasil yang lebih maksimal, yakni sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut akan mobilitas penduduk dan perilaku trafik data yang diperlukan, untuk mengoptimalkan zona penempatan menara baru.
2. Hasil dari implementasi metode *ELECTRE* dapat disimulasikan pada aplikasi sistem pendukung keputusan.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambahkan atau membandingkan beberapa metode pengambilan keputusan agar mendapatkan hasil yang maksimal.
4. Pada metodologi pemilihan keputusan *ELECTRE* akan membandingkan setiap alternatif dengan hasil akhir tidak dapat menyimpulkan apapun tentang hubungan antara alternative yang satu dengan yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Santoso, *Teknik Telekomunikasi*. Yogyakarta: Akprind Press, 2008.
- [2] F. Mazda, *Telecommunications Engineer's Reference Book*. Oxford: Butterworth Heinemann, 1993.
- [3] G. D. H. G. Wibisono, *Mobile Broadband*. Bandung: Informatika Bandung, 2008.
- [4] Direktorat Jenderal Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum, "Surat Edaran Direktur Jendral Penataan Ruang Kementerian Pekerjaan Umum Nomor 06/SE/Dr/2011 Tentang Petunjuk Teknis Kriteria Lokasi Menara Telekomunikasi." 2011.
- [5] S.Kusuma Dewi, S.Hartati, A. Harjoko, and R.Wardoyo, *Fuzzy Multi Atribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [6] Pemerintah daerah, "Peraturan Daerah Kabupaten Gresik Nomor 8 Tahun 2011 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik Tahun 2010-2030." 2010.
- [7] Badan Pusat statistik, "Badan Pusat Statistika, Gresik Dalam angka 2013." 2013.
- [8] Kementrian Kominfo, "Indikator TIK 2011." Kementrian komunikasi dan informatika Republik Indonesia, 2011.
- [9] BAKORSURTANAL, "Bakorsurtanal (Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional)." 2015.
- [10] Kementrian PPN/Bappenas, Badan Pusat Statistik, and UNFPA, *Proyeksi Penduduk Indonesia (Indonesia Population Projection) 2010-2035*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2013.
- [11] G. Wibisono, U. K. Usman, and G. Dwi Hantoro, *Konsep teknologi Seluler*. bandung: Informatika, 2008.
- [12] Rappaport and Theodore, *Wireless Communication Principles And Practice*, 2nd edition. Prentice Hall, 2002.
- [13] ETSI TC-SMG, "Digital Cellular Telecommunication System (Phase 2+); Radio Transmision and reception (GSM 05.05)." 1996.
- [14] Pemerintah Kabupaten Gresik, "Pemutakhiran dan Penyerasian Analisis dan Perencanaan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik." 2010.
- [15] "Peraturan Bupati Gresik nomor 28 tahun 2013 Tentang Pedoman Peaksanaan Penataan dan Pengawasan Zona Lokasi Menara Telekomunikasi Bersama." 2013.

LAMPIRAN A

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Jurusan Teknik Elektro – FTI
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

TE 141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Banyu Bening Gumilar
Nomer Pokok : 2213106030
Bidang Studi : Teknik Telekomunikasi dan Multimedia
Tugas Diberikan : Semester Ganjil 2014/2015
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.
Judul Tugas Akhir : **Perencanaan Zona Menara Baru Telekomunikasi di Kabupaten Gresik Dengan Metode ELECTRE**
Cell Planning For New Zone Cellular Telecommunication Tower In Gresik With ELECTRE Method

16 SEP 2015

Uraian Tugas Akhir :

Penataan menara atau BTS merupakan proses master *plan* penataan menara telekomunikasi seluler berdasarkan estetika dan kesesuaian KKOP (Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan) dan tata ruang wilayah suatu daerah guna mendapatkan menara yang optimal di suatu wilayah. Dengan *cell planning* ini mengatur pemanfaatan menara atau BTS yang eksisting atau yang akan membangun menara baru. Di dalam penataan ini mengatur menara eksisting untuk bekerjasama dengan pihak lain untuk meletakkan BTS secara bersama jika memungkinkan. Dengan menggunakan salahsatu dari metode *multi attribute decision making* (MADM) yaitu implementasi metode *ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la realite)* kita dapat menentukan prioritas lokasi yang berpotensi untuk dibangun menara baru untuk visualisasi wilayahnya dengan menggunakan aplikasi perangkat lunak sistem informasi geografis yaitu berupa MapInfo, sehingga kita bisa menggambarkan pada peta digital lokasi-lokasi penempatan BTS yang eksisting maupun yang akan dibangun.

Kata Kunci : *Cell Planning*, BTS, Metode *ELECTRE*, *MapInfo*, Menara Telekomunikasi Bersama.

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT
NIP. 196109031989031001

Mengetahui,
Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS

Ketua

Dr. Ari Ari Sardjono, ST, MT
NIP. 197002121995121001

Menyetujui,
Bidang Studi Telekomunikasi
Multimedia
Koordinator,

Dr. Ir. Endroyono, D.E.A
NIP. 196504041991021001

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN B
MENARA TELEKOMUNIKASI EKSISTING DI KABUPATEN GRESIK

| CELL ID | KECAMATAN | LONGITUDE | LATITUDE | TINGGI MENARA (M) | OPERATOR | BTS |
|----------|--------------------|-------------|------------|----------------------|-------------------------|-----|
| GRSK_001 | Balong panggang | 112.4493405 | -7.2677836 | 42 | XL, AXIS, HCPT | 3 |
| GRSK_002 | Balong panggang | 112.4486499 | -7.2682326 | 82 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_003 | Balong panggang | 112.44414 | -7.2692474 | 72 | Isat | 1 |
| GRSK_004 | Balong panggang | 112.4369651 | -7.2752677 | 42 | Smartfren, Flexi | 3 |
| GRSK_005 | Balong panggang | 112.4095341 | -7.2698529 | 42 | XL, Tsel | 2 |
| GRSK_006 | Balong panggang | 112.457006 | -7.2995582 | 42 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_007 | Balong panggang | 112.4571605 | -7.2271434 | 62 | Flexi, Tsel | 2 |
| GRSK_008 | Benjeng | 112.5156919 | -7.2112978 | 52 | XL, Flexi | 3 |
| GRSK_009 | Benjeng | 112.5060781 | -7.2134556 | 42 | Isat | 1 |
| GRSK_010 | Benjeng | 112.5003662 | -7.2321885 | 62 | Flexi, HCPT | 3 |
| GRSK_011 | Benjeng | 112.5128013 | -7.2437188 | 42 | Flexi | 1 |
| GRSK_012 | Benjeng | 112.5036295 | -7.2607975 | 42 | XL, AXIS | 3 |
| GRSK_013 | Benjeng | 112.5035905 | -7.2605698 | 42 | HCPT | 1 |
| GRSK_014 | Benjeng | 112.5031777 | -7.2610622 | 62 | Tsel | 1 |
| GRSK_015 | Benjeng | 112.5019957 | -7.262245 | 62 | Isat | 2 |
| GRSK_016 | Benjeng | 112.5007344 | -7.2602879 | 62 | Flexi, Smartfren | 2 |
| GRSK_017 | Benjeng | 112.5027792 | -7.2197288 | 62 | Tsel | 1 |
| GRSK_018 | Benjeng | 112.5101103 | -7.183215 | 42 | Flexi, HCPT, Tsel | 3 |
| GRSK_019 | Benjeng | 112.623 | -7.27521 | 42 | Tsel, Flexi, XL | 3 |
| GRSK_020 | Benjeng | 112.4766345 | -7.2630754 | 42 | Flexi | 1 |
| GRSK_021 | Bungah | 112.5338273 | -7.0387024 | 62 | Tsel | 1 |
| GRSK_022 | Bungah | 112.5337553 | -7.0387357 | 72 | Isat | 1 |
| GRSK_023 | Bungah | 112.5337504 | -7.0390291 | 52 | XL, Flexi | 2 |
| GRSK_024 | Bungah | 112.57685 | -7.0528622 | 42 | XL, Esia, HCPT | 3 |
| GRSK_025 | Bungah | 112.5757596 | -7.0509486 | 72 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_026 | Bungah | 112.5716545 | -7.0531214 | 72 | Isat | 1 |
| GRSK_027 | Bungah | 112.6372631 | -7.0432515 | 72 | Tsel, flexi, Isat, HCPT | 4 |
| GRSK_028 | Bungah | 112.568884 | -7.0268727 | 42 | Tsel, Isat, Flexi | 3 |
| GRSK_029 | Bungah | 112.5689458 | -7.0281289 | 42 | HCPT, Smartfren | 2 |
| GRSK_030 | Cerme | 112.5749956 | -7.2017608 | 56 | XL, HCPT | 2 |
| GRSK_031 | Cerme | 112.5754603 | -7.2019075 | 62 | Tsel | 1 |

| | | | | | | |
|----------|-----------|-------------|------------|----|------------------------|---|
| GRSK_032 | Cerme | 112.5700787 | -7.2216479 | 62 | Flexi | 1 |
| GRSK_033 | Cerme | 112.5681165 | -7.2291375 | 72 | Isat, Axis | 2 |
| GRSK_034 | Cerme | 112.5664766 | -7.2294472 | 42 | XL, HCPT | 2 |
| GRSK_035 | Cerme | 112.563678 | -7.2347364 | 52 | Flexi, Tsel | 2 |
| GRSK_036 | Cerme | 112.5393903 | -7.2142045 | 42 | HCPT, Tsel, Flexi | 3 |
| GRSK_037 | Cerme | 112.5804556 | -7.1767582 | 52 | Smartfren, Axis, Flexi | 3 |
| GRSK_038 | Cerme | 112.5519947 | -7.2525016 | 52 | Flexi | 1 |
| GRSK_039 | Cerme | 112.565392 | -7.249294 | 52 | Isat | 1 |
| GRSK_040 | Cerme | 112.5848646 | -7.169039 | 62 | Axis | 1 |
| GRSK_041 | Driyorejo | 112.5812893 | -7.3815372 | 42 | Smartfren | 1 |
| GRSK_042 | Driyorejo | 112.5872617 | -7.3741074 | 42 | Tsel | 1 |
| GRSK_043 | Driyorejo | 112.5871392 | -7.374105 | 42 | Isat | 1 |
| GRSK_044 | Driyorejo | 112.5868208 | -7.3742645 | 42 | Flexi | 1 |
| GRSK_045 | Driyorejo | 112.5869934 | -7.3707778 | 52 | HCPT | 1 |
| GRSK_046 | Driyorejo | 112.6107461 | -7.348251 | 42 | XL, HCPT | 2 |
| GRSK_047 | Driyorejo | 112.6042178 | -7.3485588 | 42 | Tsel | 1 |
| GRSK_048 | Driyorejo | 112.6122929 | -7.3676708 | 32 | Isat | 1 |
| GRSK_049 | Driyorejo | 112.6141375 | -7.3667941 | 42 | HCPT, Esia, Tsel | 3 |
| GRSK_050 | Driyorejo | 112.6252482 | -7.3649448 | 42 | XL | 1 |
| GRSK_051 | Driyorejo | 112.6252482 | -7.3649448 | 70 | Flexi, Tsel | 2 |
| GRSK_052 | Driyorejo | 112.6384206 | -7.3620316 | 42 | Isat, XL, Tsel, Flexi | 4 |
| GRSK_053 | Driyorejo | 112.6413087 | -7.3592221 | 52 | Flexi | 1 |
| GRSK_054 | Driyorejo | 112.656475 | -7.3551313 | 42 | Axis | 2 |
| GRSK_055 | Driyorejo | 112.6627145 | -7.3478021 | 42 | Smartfren | 1 |
| GRSK_056 | Driyorejo | 112.6593188 | -7.3481651 | 42 | Smartfren | 1 |
| GRSK_057 | Driyorejo | 112.6593385 | -7.347885 | 42 | XL | 1 |
| GRSK_058 | Driyorejo | 112.6600871 | -7.3479367 | 42 | Isat | 2 |
| GRSK_059 | Driyorejo | 112.6563275 | -7.3460076 | 42 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_060 | Driyorejo | 112.6503252 | -7.3455233 | 32 | Smartfren | 1 |
| GRSK_061 | Driyorejo | 112.6308817 | -7.335735 | 42 | Tsel, XL, Flexi | 4 |
| GRSK_062 | Driyorejo | 112.6305723 | -7.3345556 | 42 | HCPT | 1 |
| GRSK_063 | Driyorejo | 112.6313165 | -7.3346549 | 42 | Isat | 1 |
| GRSK_064 | Driyorejo | 112.6074649 | -7.3260425 | 52 | Isat, Axis | 2 |
| GRSK_065 | Driyorejo | 112.6305018 | -7.3216616 | 52 | Smartfren, Flexi | 2 |
| GRSK_066 | Driyorejo | 112.6295206 | -7.324024 | 32 | XL | 1 |
| GRSK_067 | Driyorejo | 112.6491632 | -7.3232681 | 32 | XL | 1 |
| GRSK_068 | Driyorejo | 112.6507587 | -7.3209784 | 42 | Isat, Tsel, HCPT | 3 |
| GRSK_069 | Driyorejo | 112.6495501 | -7.321179 | 42 | Axis, Flexi, Esia | 4 |
| GRSK_070 | Driyorejo | 112.5963478 | -7.3475795 | 42 | Axis, Smartfren, Flexi | 3 |

| | | | | | | |
|----------|---------------|-------------|------------|----|-------------------------|---|
| GRSK_071 | Driyorejo | 112.6220015 | -7.3461596 | 42 | Smartfren, Flexi, HCPT | 3 |
| GRSK_072 | Driyorejo | 112.6588098 | -7.3347223 | 42 | Isat | 1 |
| GRSK_073 | Driyorejo | 112.5712838 | -7.358071 | 42 | XL, Axis, Flexi | 3 |
| GRSK_074 | Duduk sampean | 112.5316873 | -7.1604252 | 32 | Flexi, Tsel | 2 |
| GRSK_075 | Duduk sampean | 112.5437572 | -7.1209405 | 42 | Flexi | 1 |
| GRSK_076 | Duduk sampean | 112.5434264 | -7.1214976 | 52 | Tsel | 1 |
| GRSK_077 | Duduk sampean | 112.4834563 | -7.1328764 | 42 | XL | 1 |
| GRSK_078 | Duduk sampean | 112.4912518 | -7.1409765 | 42 | Smartfren | 1 |
| GRSK_079 | Duduk sampean | 112.491711 | -7.1375424 | 62 | HCPT | 1 |
| GRSK_080 | Duduk sampean | 112.5177986 | -7.1563539 | 42 | XL, HCPT | 2 |
| GRSK_081 | Duduk sampean | 112.520733 | -7.1518514 | 42 | Isat | 1 |
| GRSK_082 | Duduk sampean | 112.5232783 | -7.1555213 | 42 | Axis, Smartfren | 2 |
| GRSK_083 | Duduk sampean | 112.5616916 | -7.1668538 | 62 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_084 | Duduk sampean | 112.490305 | -7.146063 | 42 | Flexi, Tsel | 2 |
| GRSK_085 | Duduk sampean | 112.554436 | -7.1660406 | 42 | HCPT | 1 |
| GRSK_086 | Dukun | 112.4493806 | -6.9780709 | 62 | Flexi | 1 |
| GRSK_087 | Dukun | 112.4758372 | -6.9777989 | 42 | Tsel, Isat | 2 |
| GRSK_088 | Dukun | 112.4898765 | -6.9827927 | 62 | Flexi | 1 |
| GRSK_089 | Dukun | 112.510945 | -7.0086578 | 72 | Flexi | 1 |
| GRSK_090 | Dukun | 112.5108465 | -7.0087254 | 52 | Tsel | 1 |
| GRSK_091 | Dukun | 112.5096162 | -7.0099843 | 70 | Isat | 1 |
| GRSK_092 | Dukun | 112.5074983 | -7.0061116 | 72 | XL, HCPT | 2 |
| GRSK_093 | Dukun | 112.422248 | -6.9658615 | 42 | XL | 1 |
| GRSK_094 | Dukun | 112.4180623 | -6.9641465 | 72 | Tsel | 1 |
| GRSK_095 | Gresik | 112.6475959 | -7.1518285 | 8 | Flexi | 1 |
| GRSK_096 | Gresik | 112.6466667 | -7.1508646 | 52 | Isat, Smartfren, Axis | 3 |
| GRSK_097 | Gresik | 112.6438286 | -7.1500361 | 32 | Esia, HCPT, XL | 3 |
| GRSK_098 | Gresik | 112.6487105 | -7.1513897 | 10 | Tsel, HCPT | 2 |
| GRSK_099 | Gresik | 112.6511623 | -7.1586456 | 72 | Esia, Axis | 2 |
| GRSK_100 | Gresik | 112.6501247 | -7.156298 | 42 | HCPT, XL, Tsel | 3 |
| GRSK_101 | Gresik | 112.6504469 | -7.161437 | 82 | Flexi, Tsel | 2 |
| GRSK_102 | Gresik | 112.654 | -7.15351 | 3 | Smartfren | 1 |
| GRSK_103 | Gresik | 112.6572932 | -7.1517939 | 35 | HCPT, Esia, Axis, Flexi | 5 |
| GRSK_104 | Gresik | 112.6561244 | -7.15659 | 16 | Flexi | 1 |
| GRSK_105 | Gresik | 112.6563113 | -7.1553358 | 32 | Isat | 1 |
| GRSK_106 | Gresik | 112.6562199 | -7.1553574 | 42 | XL | 1 |
| GRSK_107 | Gresik | 112.6570112 | -7.1611173 | 62 | HCPT, Axis | 2 |
| GRSK_108 | Gresik | 112.6551697 | -7.1633444 | 6 | Smartfren | 1 |
| GRSK_109 | Gresik | 112.6599652 | -7.1734669 | 12 | Isat | 1 |

| | | | | | | |
|----------|---------|-------------|------------|----|---------------------------------|---|
| GRSK_110 | Gresik | 112.6598754 | -7.1734076 | 62 | Tsel, flexi | 3 |
| GRSK_111 | Gresik | 112.6400514 | -7.1571492 | 42 | XL | 2 |
| GRSK_112 | Gresik | 112.6400314 | -7.15722 | 62 | Tsel | 2 |
| GRSK_113 | Gresik | 112.6400591 | -7.1569836 | 42 | Smartfren, Flexi | 2 |
| GRSK_114 | Gresik | 112.6408793 | -7.1675415 | 42 | HCPT, XL, Tsel, Esia, Smartfren | 6 |
| GRSK_115 | Gresik | 112.6486096 | -7.1636201 | 42 | Isat | 1 |
| GRSK_116 | Gresik | 112.6430479 | -7.1648438 | 62 | Axis | 1 |
| GRSK_117 | Kebomas | 112.6192415 | -7.1584029 | 62 | HCPT, Esia, Smartfren, Tsel | 4 |
| GRSK_118 | Kebomas | 112.620017 | -7.1598202 | 12 | Flexi | 1 |
| GRSK_119 | Kebomas | 112.589363 | -7.1635758 | 72 | Flexi, Esia | 2 |
| GRSK_120 | Kebomas | 112.5866425 | -7.1661163 | 42 | Tsel | 1 |
| GRSK_121 | Kebomas | 112.5865989 | -7.1674654 | 42 | XL, Isat, HCPT | 3 |
| GRSK_122 | Kebomas | 112.6127291 | -7.1652383 | 42 | Axis | 1 |
| GRSK_123 | Kebomas | 112.6252531 | -7.172307 | 42 | STI | 1 |
| GRSK_124 | Kebomas | 112.6252924 | -7.1722687 | 42 | Isat, Tsel, HCPT | 3 |
| GRSK_125 | Kebomas | 112.6187089 | -7.1723808 | 32 | Esia, Smartfren, HCPT, Flexi | 4 |
| GRSK_126 | Kebomas | 112.6189526 | -7.1717662 | 42 | xl | 1 |
| GRSK_127 | Kebomas | 112.630028 | -7.1682863 | 62 | Tsel, XL | 2 |
| GRSK_128 | Kebomas | 112.6305655 | -7.1685245 | 32 | Axis | 1 |
| GRSK_129 | Kebomas | 112.6306232 | -7.1687016 | 42 | Flexi | 1 |
| GRSK_130 | Kebomas | 112.6359308 | -7.169137 | 42 | XL | 2 |
| GRSK_131 | Kebomas | 112.6528821 | -7.1726315 | 42 | Flexi | 1 |
| GRSK_132 | Kebomas | 112.6526747 | -7.1714717 | 32 | XL, Esia, HCPT | 3 |
| GRSK_133 | Kebomas | 112.6526697 | -7.1715284 | 42 | Isat, Axis | 3 |
| GRSK_134 | Kebomas | 112.6323747 | -7.1734032 | 42 | Smartfren | 1 |
| GRSK_135 | Kebomas | 112.6332871 | -7.1765162 | 42 | HCPT, tsel | 2 |
| GRSK_136 | Kebomas | 112.6312527 | -7.1857902 | 42 | Axis, Esia | 3 |
| GRSK_137 | Kebomas | 112.6331506 | -7.188086 | 62 | Flexi | 1 |
| GRSK_138 | Kebomas | 112.6330045 | -7.1884863 | 32 | XL, HCPT | 2 |
| GRSK_139 | Kebomas | 112.6342938 | -7.1867805 | 72 | Isat | 1 |
| GRSK_140 | Kebomas | 112.6340094 | -7.1896634 | 62 | Tsel | 1 |
| GRSK_141 | Kebomas | 112.6374542 | -7.1803182 | 42 | Axis | 1 |
| GRSK_142 | Kebomas | 112.641016 | -7.1754238 | 52 | Tsel, XL | 2 |
| GRSK_143 | Kebomas | 112.6475209 | -7.1886871 | 82 | Esia, Axis, Isat, XL | 4 |
| GRSK_144 | Kebomas | 112.6485134 | -7.1878773 | 32 | Smartfren | 1 |
| GRSK_145 | Kebomas | 112.6490141 | -7.1886389 | 42 | HCPT, Tsel | 2 |
| GRSK_146 | Kebomas | 112.6596927 | -7.1810586 | 42 | Axis, Smartfren, HCPT | 4 |
| GRSK_147 | Kebomas | 112.6604138 | -7.1880107 | 42 | Tsel, XL | 2 |

| | | | | | | |
|----------|----------|-------------|------------|----|---------------------------|---|
| GRSK_148 | Kebomas | 112.6177699 | -7.182127 | 42 | Axis | 2 |
| GRSK_149 | Kebomas | 112.6177625 | -7.1820637 | 42 | HCPT | 1 |
| GRSK_150 | Kebomas | 112.6173771 | -7.1826758 | 42 | Tsel, Flexi, XL | 3 |
| GRSK_151 | Kebomas | 112.6129121 | -7.1564648 | 42 | Isat | 1 |
| GRSK_152 | Kebomas | 112.6130605 | -7.156475 | 42 | Tsel | 1 |
| GRSK_153 | Kebomas | 112.5958266 | -7.1630928 | 42 | Axis, HCPT, Smartfren | 3 |
| GRSK_154 | Kebomas | 112.6081126 | -7.1812841 | 42 | Axis | 1 |
| GRSK_155 | Kebomas | 112.6221979 | -7.1500491 | 42 | Axis | 1 |
| GRSK_156 | Kebomas | 112.6291101 | -7.1568403 | 42 | Isat | 1 |
| GRSK_157 | Kedamean | 112.5658235 | -7.3249715 | 62 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_158 | Kedamean | 112.5659795 | -7.3283896 | 50 | Isat, Axis | 2 |
| GRSK_159 | Kedamean | 112.5707227 | -7.3258061 | 42 | XL | 1 |
| GRSK_160 | Kedamean | 112.5670607 | -7.3393021 | 42 | HCPT, Smartfren | 2 |
| GRSK_161 | Kedamean | 112.5683369 | -7.3396704 | 52 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_162 | Kedamean | 112.5026898 | -7.3361954 | 32 | Flexi | 1 |
| GRSK_163 | Kedamean | 112.5195846 | -7.3238408 | 42 | XL, Tsel, Flexi | 3 |
| GRSK_164 | Kedamean | 112.5138744 | -7.3229473 | 42 | Isat | 1 |
| GRSK_165 | Manyar | 112.5973742 | -7.1536177 | 52 | Flexi, HCPT | 2 |
| GRSK_166 | Manyar | 112.6127017 | -7.146988 | 42 | Axis | 1 |
| GRSK_167 | Manyar | 112.5717156 | -7.0867197 | 72 | Flexi, Smartfren | 2 |
| GRSK_168 | Manyar | 112.5711354 | -7.0829503 | 72 | HCPT, Axis | 2 |
| GRSK_169 | Manyar | 112.5575071 | -7.0860972 | 72 | Isat | 1 |
| GRSK_170 | Manyar | 112.5570487 | -7.086007 | 72 | Tsel | 1 |
| GRSK_171 | Manyar | 112.5577426 | -7.0950974 | 72 | XL | 1 |
| GRSK_172 | Manyar | 112.6014636 | -7.1464864 | 62 | Tsel,XL, HCPT | 3 |
| GRSK_173 | Manyar | 112.6036427 | -7.1489385 | 52 | Isat | 1 |
| GRSK_174 | Manyar | 112.600993 | -7.1524492 | 72 | Axis | 1 |
| GRSK_175 | Manyar | 112.6180785 | -7.1359837 | 42 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_176 | Manyar | 112.6129722 | -7.1342302 | 42 | Smartfren, Axis, HCPT, XL | 4 |
| GRSK_177 | Manyar | 112.5980939 | -7.1399268 | 42 | Axis | 2 |
| GRSK_178 | Manyar | 112.6077512 | -7.1414651 | 32 | XL, HCPT, Axis, Tsel | 4 |
| GRSK_179 | Manyar | 112.6127017 | -7.146988 | 62 | HCPT, Tsel | 2 |
| GRSK_180 | Manyar | 112.6125101 | -7.1469817 | 42 | Esia, Axis, Smartfren | 3 |
| GRSK_181 | Manyar | 112.6180785 | -7.1359837 | 55 | Isat | 1 |
| GRSK_182 | Manyar | 112.6235996 | -7.1401659 | 32 | XL, Esia | 3 |
| GRSK_183 | Manyar | 112.6259639 | -7.1417328 | 42 | Axis | 1 |
| GRSK_184 | Manyar | 112.638096 | -7.147685 | 52 | Flexi | 1 |
| GRSK_185 | Manyar | 112.6365439 | -7.1489003 | 42 | Axis | 2 |
| GRSK_186 | Manyar | 112.6346144 | -7.1480905 | 42 | Smartfren | 1 |

| | | | | | | |
|----------|----------|-------------|------------|----|------------------------|---|
| GRSK_187 | Manyar | 112.6351569 | -7.1485355 | 42 | Tsel | 2 |
| GRSK_188 | Manyar | 112.6049152 | -7.1222363 | 62 | Isat | 1 |
| GRSK_189 | Manyar | 112.6039648 | -7.1232055 | 52 | XL, Esia | 2 |
| GRSK_190 | Manyar | 112.6042971 | -7.1241832 | 72 | Tsel | 2 |
| GRSK_191 | Manyar | 112.6033792 | -7.1254095 | 52 | Axis | 2 |
| GRSK_192 | Manyar | 112.6028875 | -7.1231266 | 72 | Flexi, HCPT | 2 |
| GRSK_193 | Manyar | 112.6044905 | -7.1216548 | 42 | HCPT, Tsel | 2 |
| GRSK_194 | Manyar | 112.6213575 | -7.1181661 | 62 | Tsel,HCPT, XL | 3 |
| GRSK_195 | Manyar | 112.5740379 | -7.0703616 | 72 | Smartfren | 1 |
| GRSK_196 | Manyar | 112.5928805 | -7.1110539 | 42 | Flexi, Smartfren, Axis | 3 |
| GRSK_197 | Menganti | 112.5865168 | -7.2443728 | 62 | Tsel, Isat | 2 |
| GRSK_198 | Menganti | 112.5894822 | -7.2432128 | 42 | HCPT, Axis, XL | 5 |
| GRSK_199 | Menganti | 112.5798286 | -7.2433562 | 42 | Smartfren | 1 |
| GRSK_200 | Menganti | 112.5873161 | -7.2649228 | 62 | Isat, Tsel, Axis | 3 |
| GRSK_201 | Menganti | 112.5895083 | -7.2656553 | 42 | Flexi, HCPT, XL | 3 |
| GRSK_202 | Menganti | 112.564653 | -7.2901836 | 42 | XL, Axis, Flexi | 4 |
| GRSK_203 | Menganti | 112.5654182 | -7.2763499 | 42 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_204 | Menganti | 112.5648171 | -7.281101 | 42 | Smartfren, Esia, Isat | 3 |
| GRSK_205 | Menganti | 112.5398121 | -7.2765728 | 42 | Isat, Tsel | 2 |
| GRSK_206 | Menganti | 112.5351121 | -7.2770255 | 42 | Flexi, HCPT | 2 |
| GRSK_207 | Menganti | 112.5874979 | -7.2938256 | 52 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_208 | Menganti | 112.5868104 | -7.2923124 | 42 | Isat | 1 |
| GRSK_209 | Menganti | 112.5943401 | -7.2954465 | 42 | HCPT, STI, Esia | 3 |
| GRSK_210 | Menganti | 112.5942951 | -7.2955563 | 42 | Axis, Flexi | 2 |
| GRSK_211 | Menganti | 112.5974825 | -7.2836504 | 42 | XL | 2 |
| GRSK_212 | Menganti | 112.5977591 | -7.2831574 | 42 | Flexi, Tsel | 2 |
| GRSK_213 | Menganti | 112.614 | -7.2893 | 62 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_214 | Menganti | 112.5679862 | -7.2509919 | 42 | XL, HCPT | 2 |
| GRSK_215 | Menganti | 112.5697682 | -7.2495538 | 42 | Axis, Flexi | 2 |
| GRSK_216 | Menganti | 112.6132922 | -7.3013045 | 42 | HCPT | 1 |
| GRSK_217 | Menganti | 112.5961229 | -7.2399411 | 42 | Flexi | 1 |
| GRSK_218 | Menganti | 112.5815924 | -7.2780308 | 50 | Flexi | 1 |
| GRSK_219 | Menganti | 112.544 | -7.295547 | 50 | XL | 1 |
| GRSK_220 | Menganti | 112.561312 | -7.27142 | 42 | XL | 1 |
| GRSK_221 | Menganti | 112.5971 | -7.24211 | 42 | Axis | 1 |
| GRSK_222 | Panceng | 112.4490751 | -6.8936043 | 42 | XL | 1 |
| GRSK_223 | Panceng | 112.4588081 | -6.9159042 | 42 | Smartfren, Esia | 2 |
| GRSK_224 | Panceng | 112.4696532 | -6.9288944 | 32 | Flexi | 1 |
| GRSK_225 | Panceng | 112.433949 | -6.9393281 | 62 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_226 | Panceng | 112.4350378 | -6.9389963 | 52 | XL | 1 |

| | | | | | | |
|-----------|---------------|-------------|------------|----|-----------------|-----|
| GRSK_227 | Panceng | 112.4313466 | -6.9482893 | 62 | Isat | 1 |
| GRSK_228 | Panceng | 112.45537 | -6.9048632 | 82 | Tsel | 1 |
| GRSK_229 | Panceng | 112.454346 | -6.9051193 | 72 | Isat, Axis | 2 |
| GRSK_230 | Panceng | 112.454839 | -6.9056328 | 72 | Flexi | 1 |
| GRSK_231 | Panceng | 112.4542157 | -6.9045045 | 72 | HCPT | 1 |
| GRSK_232 | Sangkapura | 112.657561 | -5.846057 | 62 | Tsel | 1 |
| GRSK_233 | Sangkapura | 112.638 | -5.84039 | 42 | Tsel | 1 |
| GRSK_234 | Sangkapura | 112.637 | -5.84087 | 52 | Isat | 1 |
| GRSK_235 | Sangkapura | 112.643333 | -5.843247 | 50 | XL | 1 |
| GRSK_236 | Sidayu | 112.5241059 | -6.983358 | 42 | Flexi, tsel | 2 |
| GRSK_237 | Sidayu | 112.5657219 | -6.9894295 | 62 | XL, HCPT, Axis | 3 |
| GRSK_238 | Sidayu | 112.5644875 | -6.9958395 | 62 | Tsel | 1 |
| GRSK_239 | Sidayu | 112.563333 | -6.9961619 | 42 | Isat | 1 |
| GRSK_240 | Sidayu | 112.564943 | -6.9973771 | 42 | Esia, Smartfren | 2 |
| GRSK_241 | Sidayu | 112.5644867 | -7.0010726 | 57 | Flexi, HCPT | 2 |
| GRSK_242 | Sidayu | 112.5343811 | -6.9742399 | 52 | HCPT, Smartfren | 2 |
| GRSK_243 | Sidayu | 112.5327921 | -6.9737629 | 62 | Isat | 1 |
| GRSK_244 | Tambak | 112.653689 | -5.734793 | 42 | Tsel | 1 |
| GRSK_245 | Tambak | 112.643494 | -5.734389 | 52 | Isat | 1 |
| GRSK_246 | Ujung Pangkah | 112.5498002 | -6.916753 | 42 | XL | 1 |
| GRSK_247 | Ujung Pangkah | 112.5527751 | -6.9174098 | 72 | Tsel | 1 |
| GRSK_248 | Ujung Pangkah | 112.5290244 | -6.9185455 | 82 | Isat | 1 |
| GRSK_249 | Ujung Pangkah | 112.5339335 | -6.9412875 | 42 | Flexi, HCPT | 2 |
| GRSK_250 | Ujung Pangkah | 112.5532021 | -6.9662833 | 42 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_251 | Ujung Pangkah | 112.502 | -6.90804 | 62 | Tsel | 1 |
| GRSK_252 | Ujung pangkah | 112.5025704 | -6.9558034 | 52 | Isat, Axis | 2 |
| GRSK_253 | Ujung pangkah | 112.5029502 | -6.9560224 | 72 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_254 | Ujung pangkah | 112.5028587 | -6.954849 | 42 | XL | 1 |
| GRSK_255 | Wringin anom | 112.5758304 | -7.3812545 | 42 | XL, HCPT, Flexi | 3 |
| GRSK_256 | Wringin anom | 112.5043927 | -7.3873974 | 52 | Flexi, Tsel | 2 |
| GRSK_257 | Wringin anom | 112.5273619 | -7.3822195 | 42 | XL, Flexi | 2 |
| GRSK_258 | Wringin anom | 112.5464441 | -7.3632809 | 40 | Flexi, HCPT | 2 |
| GRSK_259 | Wringin anom | 112.557426 | -7.3889488 | 42 | Isat | 1 |
| GRSK_260 | Wringin anom | 112.5549939 | -7.3910742 | 45 | Tsel, Flexi | 2 |
| GRSK_261 | Wringin anom | 112.5577669 | -7.3832089 | 42 | HCPT, Smartfren | 2 |
| GRSK_262 | Wringin anom | 112.5081238 | -7.3536798 | 42 | XL | 1 |
| GRSK_263 | Wringin anom | 112.5089029 | -7.3546753 | 72 | Tsel | 1 |
| GRSK_264 | Wringin anom | 112.528229 | -7.400286 | 30 | HCPT | 1 |
| Total BTS | | | | | | 475 |

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN C
PERSEBARAN ZONA MENARA BARU

| Cell ID | Kecamatan | Longitude | Latitude |
|---------|-----------------|------------|-----------|
| GRSK_01 | Bungah | 112.606035 | -7.026284 |
| GRSK_02 | Bungah | 112.501762 | -7.03176 |
| GRSK_03 | Cerme | 112.523742 | -7.261593 |
| GRSK_04 | Cerme | 112.533515 | -7.254775 |
| GRSK_05 | Cerme | 112.521137 | -7.241245 |
| GRSK_06 | Ujung Pangkah | 112.504349 | -6.923252 |
| GRSK_07 | Ujung Pangkah | 112.55711 | -6.852155 |
| GRSK_08 | Balong Panggang | 112.403071 | -7.316604 |
| GRSK_09 | Balong Panggang | 112.424035 | -7.275341 |
| GRSK_10 | Sidayu | 112.588321 | -7.003325 |
| GRSK_11 | Wringin Anom | 112.48364 | -7.368128 |
| GRSK_12 | Wringin Anom | 112.484038 | -7.359898 |
| GRSK_13 | Wringin Anom | 112.540398 | -7.394968 |
| GRSK_14 | Tambak | 112.634863 | -5.749503 |
| GRSK_15 | Tambak | 112.650562 | -5.765137 |
| GRSK_16 | Tambak | 112.672449 | -5.749985 |
| GRSK_17 | Tambak | 112.707556 | -5.736421 |
| GRSK_18 | Duduk Sampean | 112.535103 | -7.176547 |
| GRSK_19 | Dukun | 112.375913 | -6.970089 |
| GRSK_20 | Dukun | 112.391832 | -6.977192 |
| GRSK_21 | Dukun | 112.431447 | -6.99318 |
| GRSK_22 | Dukun | 112.45791 | -7.007835 |
| GRSK_23 | Panceng | 112.450207 | -6.878676 |
| GRSK_24 | Panceng | 112.45791 | -6.901722 |
| GRSK_25 | Sangkapura | 112.585424 | -5.8103 |
| GRSK_26 | Sangkapura | 112.587886 | -5.815492 |
| GRSK_27 | Sangkapura | 112.595599 | -5.815805 |
| GRSK_28 | Sangkapura | 112.598126 | -5.826001 |
| GRSK_29 | Sangkapura | 112.61612 | -5.822616 |

| | | | |
|---------|------------|------------|-----------|
| GRSK_30 | Sangkapura | 112.706911 | -5.837667 |
| GRSK_31 | Sangkapura | 112.709165 | -5.805854 |
| GRSK_32 | Kedamean | 112.543669 | -7.324483 |
| GRSK_33 | Kedamean | 112.497104 | -7.322311 |
| GRSK_34 | Kedamean | 112.514494 | -7.278284 |

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN D
TABEL ERLANG B
Erlang B-Table for 1 to 50 channels, 0.7% - 40%

| n | Loss probability (E) | | | | | | | | | | n |
|-----------|-----------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-----------|
| | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | |
| 1 | .00705 | .00806 | .00908 | .01010 | .02041 | .03093 | .05263 | .11111 | .25000 | .66667 | 1 |
| 2 | .12600 | .13532 | .14416 | .15259 | .22347 | .28155 | .38132 | .59543 | 1.0000 | 2.0000 | 2 |
| 3 | .39664 | .41757 | .43711 | .45549 | .60221 | .71513 | .89940 | 1.2708 | 1.9299 | 3.4798 | 3 |
| 4 | .77729 | .81029 | .84085 | .86942 | 1.0923 | 1.2589 | 1.5246 | 2.0454 | 2.9452 | 5.0210 | 4 |
| 5 | 1.2362 | 1.2810 | 1.3223 | 1.3608 | 1.6571 | 1.8752 | 2.2185 | 2.8811 | 4.0104 | 6.5955 | 5 |
| 6 | 1.7531 | 1.8093 | 1.8610 | 1.9090 | 2.2759 | 2.5431 | 2.9603 | 3.7584 | 5.1086 | 8.1907 | 6 |
| 7 | 2.3149 | 2.3820 | 2.4437 | 2.5009 | 2.9354 | 3.2497 | 3.7378 | 4.6662 | 6.2302 | 9.7998 | 7 |
| 8 | 2.9125 | 2.9902 | 3.0615 | 3.1276 | 3.6271 | 3.9865 | 4.5430 | 5.5971 | 7.3692 | 11.419 | 8 |
| 9 | 3.5395 | 3.6274 | 3.7080 | 3.7825 | 4.3447 | 4.7479 | 5.3702 | 6.5464 | 8.5217 | 13.045 | 9 |
| 10 | 4.1911 | 4.2889 | 4.3784 | 4.4612 | 5.0840 | 5.5294 | 6.2157 | 7.5106 | 9.6850 | 14.677 | 10 |
| 11 | 4.8637 | 4.9709 | 5.0691 | 5.1599 | 5.8415 | 6.3280 | 7.0764 | 8.4871 | 10.857 | 16.314 | 11 |
| 12 | 5.5543 | 5.6708 | 5.7774 | 5.8760 | 6.6147 | 7.1410 | 7.9501 | 9.4740 | 12.036 | 17.954 | 12 |
| 13 | 6.2607 | 6.3863 | 6.5011 | 6.6072 | 7.4015 | 7.9667 | 8.8349 | 10.470 | 13.222 | 19.598 | 13 |
| 14 | 6.9811 | 7.1155 | 7.2382 | 7.3517 | 8.2003 | 8.8035 | 9.7295 | 11.473 | 14.413 | 21.243 | 14 |
| 15 | 7.7139 | 7.8568 | 7.9874 | 8.1080 | 9.0096 | 9.6500 | 10.633 | 12.484 | 15.608 | 22.891 | 15 |
| 16 | 8.4579 | 8.6092 | 8.7474 | 8.8750 | 9.8284 | 10.505 | 11.544 | 13.500 | 16.807 | 24.541 | 16 |
| 17 | 9.2119 | 9.3714 | 9.5171 | 9.6516 | 10.656 | 11.368 | 12.461 | 14.522 | 18.010 | 26.192 | 17 |
| 18 | 9.9751 | 10.143 | 10.296 | 10.437 | 11.491 | 12.238 | 13.385 | 15.548 | 19.216 | 27.844 | 18 |
| 19 | 10.747 | 10.922 | 11.082 | 11.230 | 12.333 | 13.115 | 14.315 | 16.579 | 20.424 | 29.498 | 19 |
| 20 | 11.526 | 11.709 | 11.876 | 12.031 | 13.182 | 13.997 | 15.249 | 17.613 | 21.635 | 31.152 | 20 |
| 21 | 12.312 | 12.503 | 12.677 | 12.838 | 14.036 | 14.885 | 16.189 | 18.651 | 22.848 | 32.808 | 21 |
| 22 | 13.105 | 13.303 | 13.484 | 13.651 | 14.896 | 15.778 | 17.132 | 19.692 | 24.064 | 34.464 | 22 |
| 23 | 13.904 | 14.110 | 14.297 | 14.470 | 15.761 | 16.675 | 18.080 | 20.737 | 25.281 | 36.121 | 23 |
| 24 | 14.709 | 14.922 | 15.116 | 15.295 | 16.631 | 17.577 | 19.031 | 21.784 | 26.499 | 37.779 | 24 |
| 25 | 15.519 | 15.739 | 15.939 | 16.125 | 17.505 | 18.483 | 19.985 | 22.833 | 27.720 | 39.437 | 25 |
| 26 | 16.334 | 16.561 | 16.768 | 16.959 | 18.383 | 19.392 | 20.943 | 23.885 | 28.941 | 41.096 | 26 |
| 27 | 17.153 | 17.387 | 17.601 | 17.797 | 19.265 | 20.305 | 21.904 | 24.939 | 30.164 | 42.755 | 27 |
| 28 | 17.977 | 18.218 | 18.438 | 18.640 | 20.150 | 21.221 | 22.867 | 25.995 | 31.388 | 44.414 | 28 |
| 29 | 18.805 | 19.053 | 19.279 | 19.487 | 21.039 | 22.140 | 23.833 | 27.053 | 32.614 | 46.074 | 29 |
| 30 | 19.637 | 19.891 | 20.123 | 20.337 | 21.932 | 23.062 | 24.802 | 28.113 | 33.840 | 47.735 | 30 |
| 31 | 20.473 | 20.734 | 20.972 | 21.191 | 22.827 | 23.987 | 25.773 | 29.174 | 35.067 | 49.395 | 31 |
| 32 | 21.312 | 21.580 | 21.823 | 22.048 | 23.725 | 24.914 | 26.746 | 30.237 | 36.295 | 51.056 | 32 |
| 33 | 22.155 | 22.429 | 22.678 | 22.909 | 24.626 | 25.844 | 27.721 | 31.301 | 37.524 | 52.718 | 33 |

| | | | | | | | | | | | |
|----|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| 34 | 23.001 | 23.281 | 23.536 | 23.772 | 25.529 | 26.776 | 28.698 | 32.367 | 38.754 | 54.379 | 34 |
| 35 | 23.849 | 24.136 | 24.397 | 24.638 | 26.435 | 27.711 | 29.677 | 33.434 | 39.985 | 56.041 | 35 |
| 36 | 24.701 | 24.994 | 25.261 | 25.507 | 27.343 | 28.647 | 30.657 | 34.503 | 41.216 | 57.703 | 36 |
| 37 | 25.556 | 25.854 | 26.127 | 26.378 | 28.254 | 29.585 | 31.640 | 35.572 | 42.448 | 59.365 | 37 |
| 38 | 26.413 | 26.718 | 26.996 | 27.252 | 29.166 | 30.526 | 32.624 | 36.643 | 43.680 | 61.028 | 38 |
| 39 | 27.272 | 27.583 | 27.867 | 28.129 | 30.081 | 31.468 | 33.609 | 37.715 | 44.913 | 62.690 | 39 |
| 40 | 28.134 | 28.451 | 28.741 | 29.007 | 30.997 | 32.412 | 34.596 | 38.787 | 46.147 | 64.353 | 40 |
| 41 | 28.999 | 29.322 | 29.616 | 29.888 | 31.916 | 33.357 | 35.584 | 39.861 | 47.381 | 66.016 | 41 |
| 42 | 29.866 | 30.194 | 30.494 | 30.771 | 32.836 | 34.305 | 36.574 | 40.936 | 48.616 | 67.679 | 42 |
| 43 | 30.734 | 31.069 | 31.374 | 31.656 | 33.758 | 35.253 | 37.565 | 42.011 | 49.851 | 69.342 | 43 |
| 44 | 31.605 | 31.946 | 32.256 | 32.543 | 34.682 | 36.203 | 38.557 | 43.088 | 51.086 | 71.006 | 44 |
| 45 | 32.478 | 32.824 | 33.140 | 33.432 | 35.607 | 37.155 | 39.550 | 44.165 | 52.322 | 72.669 | 45 |
| 46 | 33.353 | 33.705 | 34.026 | 34.322 | 36.534 | 38.108 | 40.545 | 45.243 | 53.559 | 74.333 | 46 |
| 47 | 34.230 | 34.587 | 34.913 | 35.215 | 37.462 | 39.062 | 41.540 | 46.322 | 54.796 | 75.997 | 47 |
| 48 | 35.108 | 35.471 | 35.803 | 36.109 | 38.392 | 40.018 | 42.537 | 47.401 | 56.033 | 77.660 | 48 |
| 49 | 35.988 | 36.357 | 36.694 | 37.004 | 39.323 | 40.975 | 43.534 | 48.481 | 57.270 | 79.324 | 49 |
| 50 | 36.870 | 37.245 | 37.586 | 37.901 | 40.255 | 41.933 | 44.533 | 49.562 | 58.508 | 80.988 | 50 |
| | 0.007 | 0.008 | 0.009 | 0.01 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | |
| n | Loss probability (E) | | | | | | | | | | n |

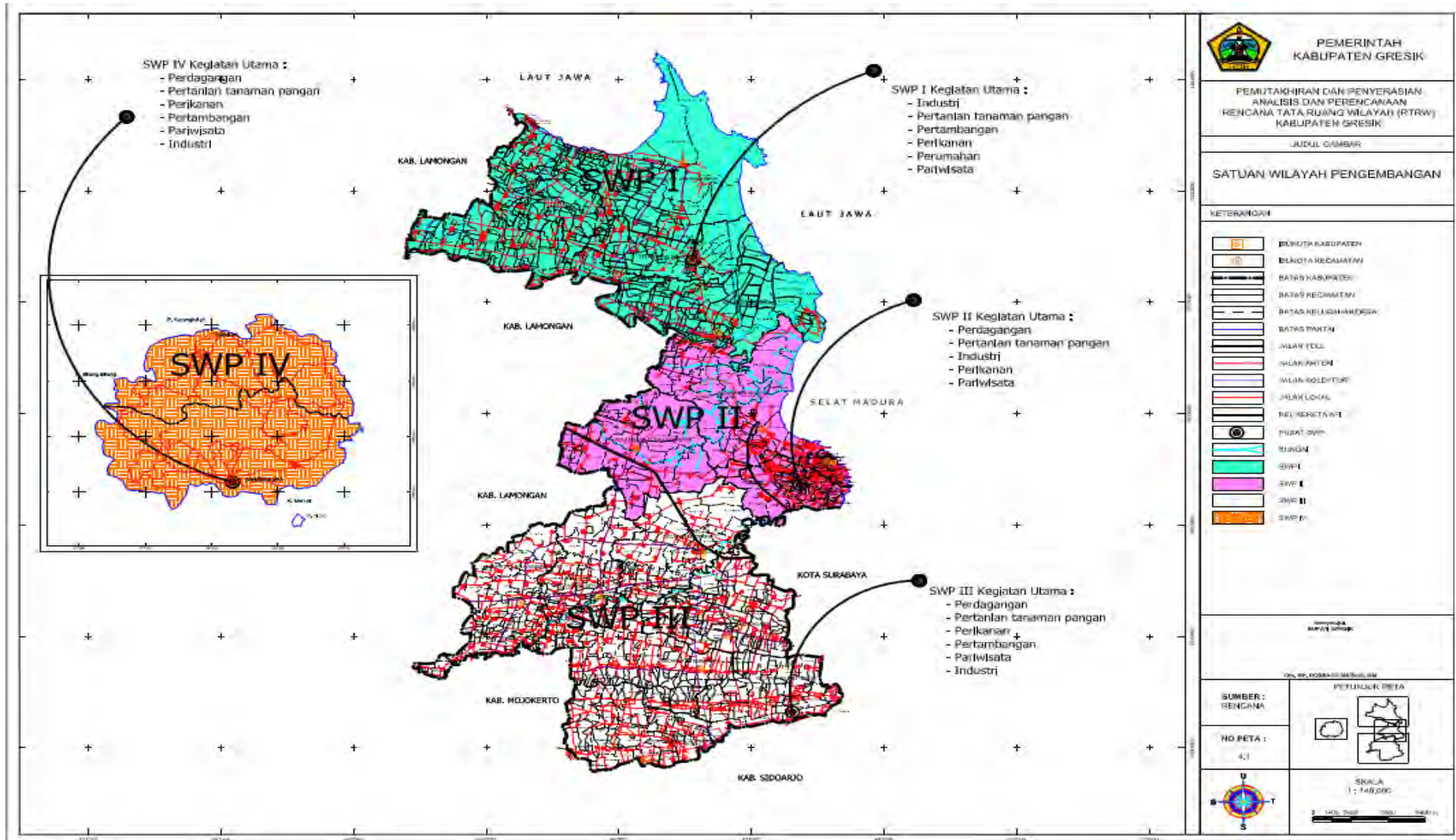
Erlang B-Table for 1 to 50 channels, 0.001% - 0.6%

| n | Loss probability (E) | | | | | | | | | | n |
|----|----------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |
| 1 | .00001 | .00005 | .00010 | .00050 | .00100 | .00200 | .00301 | .00402 | .00503 | .00604 | 1 |
| 2 | .00448 | .01005 | .01425 | .03213 | .04576 | .06534 | .08064 | .09373 | .10540 | .11608 | 2 |
| 3 | .03980 | .06849 | .08683 | .15170 | .19384 | .24872 | .28851 | .32099 | .34900 | .37395 | 3 |
| 4 | .12855 | .19554 | .23471 | .36236 | .43927 | .53503 | .60209 | .65568 | .70120 | .74124 | 4 |
| 5 | .27584 | .38851 | .45195 | .64857 | .76212 | .89986 | .99446 | 1.0692 | 1.1320 | 1.1870 | 5 |
| 6 | .47596 | .63923 | .72826 | .99567 | 1.1459 | 1.3252 | 1.4468 | 1.5421 | 1.6218 | 1.6912 | 6 |
| 7 | .72378 | .93919 | 1.0541 | 1.3922 | 1.5786 | 1.7984 | 1.9463 | 2.0614 | 2.1575 | 2.2408 | 7 |
| 8 | 1.0133 | 1.2816 | 1.4219 | 1.8298 | 2.0513 | 2.3106 | 2.4837 | 2.6181 | 2.7299 | 2.8266 | 8 |
| 9 | 1.3391 | 1.6595 | 1.8256 | 2.3016 | 2.5575 | 2.8549 | 3.0526 | 3.2057 | 3.3326 | 3.4422 | 9 |
| 10 | 1.6970 | 2.0689 | 2.2601 | 2.8028 | 3.0920 | 3.4265 | 3.6480 | 3.8190 | 3.9607 | 4.0829 | 10 |
| 11 | 2.0849 | 2.5059 | 2.7216 | 3.3294 | 3.6511 | 4.0215 | 4.2661 | 4.4545 | 4.6104 | 4.7447 | 11 |
| 12 | 2.4958 | 2.9671 | 3.2072 | 3.8781 | 4.2314 | 4.6368 | 4.9038 | 5.1092 | 5.2789 | 5.4250 | 12 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------------------------|----------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| 13 | 2.9294 | 3.4500 | 3.7136 | 4.4465 | 4.8306 | 5.2700 | 5.5588 | 5.7807 | 5.9638 | 6.1214 | 13 |
| 14 | 3.3834 | 3.9523 | 4.2388 | 5.0324 | 5.4464 | 5.9190 | 6.2291 | 6.4670 | 6.6632 | 6.8320 | 14 |
| 15 | 3.8559 | 4.4721 | 4.7812 | 5.6339 | 6.0772 | 6.5822 | 6.9130 | 7.1665 | 7.3755 | 7.5552 | 15 |
| 16 | 4.3453 | 5.0079 | 5.3390 | 6.2496 | 6.7215 | 7.2582 | 7.6091 | 7.8780 | 8.0995 | 8.2898 | 16 |
| 17 | 4.8502 | 5.5583 | 5.9110 | 6.8782 | 7.3781 | 7.9457 | 8.3164 | 8.6003 | 8.8340 | 9.0347 | 17 |
| 18 | 5.3693 | 6.1220 | 6.4959 | 7.5186 | 8.0459 | 8.6437 | 9.0339 | 9.3324 | 9.5780 | 9.7889 | 18 |
| 19 | 5.9016 | 6.6980 | 7.0927 | 8.1698 | 8.7239 | 9.3515 | 9.7606 | 10.073 | 10.331 | 10.552 | 19 |
| 20 | 6.4460 | 7.2854 | 7.7005 | 8.8310 | 9.4115 | 10.068 | 10.496 | 10.823 | 11.092 | 11.322 | 20 |
| 21 | 7.0017 | 7.8834 | 8.3186 | 9.5014 | 10.108 | 10.793 | 11.239 | 11.580 | 11.860 | 12.100 | 21 |
| 22 | 7.5680 | 8.4926 | 8.9462 | 10.180 | 10.812 | 11.525 | 11.989 | 12.344 | 12.635 | 12.885 | 22 |
| 23 | 8.1443 | 9.1095 | 9.5826 | 10.868 | 11.524 | 12.265 | 12.746 | 13.114 | 13.416 | 13.676 | 23 |
| 24 | 8.7298 | 9.7351 | 10.227 | 11.562 | 12.243 | 13.011 | 13.510 | 13.891 | 14.204 | 14.472 | 24 |
| 25 | 9.3240 | 10.369 | 10.880 | 12.264 | 12.969 | 13.763 | 14.279 | 14.673 | 14.997 | 15.274 | 25 |
| 26 | 9.9265 | 11.010 | 11.540 | 12.972 | 13.701 | 14.522 | 15.054 | 15.461 | 15.795 | 16.081 | 26 |
| 27 | 10.537 | 11.659 | 12.207 | 13.686 | 14.439 | 15.285 | 15.835 | 16.254 | 16.598 | 16.893 | 27 |
| 28 | 11.154 | 12.314 | 12.880 | 14.406 | 15.182 | 16.054 | 16.620 | 17.051 | 17.406 | 17.709 | 28 |
| 29 | 11.779 | 12.976 | 13.560 | 15.132 | 15.930 | 16.828 | 17.410 | 17.853 | 18.218 | 18.530 | 29 |
| 30 | 12.417 | 13.644 | 14.246 | 15.863 | 16.684 | 17.606 | 18.204 | 18.660 | 19.034 | 19.355 | 30 |
| 31 | 13.054 | 14.318 | 14.937 | 16.599 | 17.442 | 18.389 | 19.002 | 19.470 | 19.854 | 20.183 | 31 |
| 32 | 13.697 | 14.998 | 15.633 | 17.340 | 18.205 | 19.176 | 19.805 | 20.284 | 20.678 | 21.015 | 32 |
| 33 | 14.346 | 15.682 | 16.335 | 18.085 | 18.972 | 19.966 | 20.611 | 21.102 | 21.505 | 21.850 | 33 |
| 34 | 15.001 | 16.372 | 17.041 | 18.835 | 19.743 | 20.761 | 21.421 | 21.923 | 22.336 | 22.689 | 34 |
| 35 | 15.660 | 17.067 | 17.752 | 19.589 | 20.517 | 21.559 | 22.234 | 22.748 | 23.169 | 23.531 | 35 |
| 36 | 16.325 | 17.766 | 18.468 | 20.347 | 21.296 | 22.361 | 23.050 | 23.575 | 24.006 | 24.376 | 36 |
| 37 | 16.995 | 18.470 | 19.188 | 21.108 | 22.078 | 23.166 | 23.870 | 24.406 | 24.846 | 25.223 | 37 |
| 38 | 17.669 | 19.178 | 19.911 | 21.873 | 22.864 | 23.974 | 24.692 | 25.240 | 25.689 | 26.074 | 38 |
| 39 | 18.348 | 19.890 | 20.640 | 22.642 | 23.652 | 24.785 | 25.518 | 26.076 | 26.534 | 26.926 | 39 |
| 40 | 19.031 | 20.606 | 21.372 | 23.414 | 24.444 | 25.599 | 26.346 | 26.915 | 27.382 | 27.782 | 40 |
| 41 | 19.718 | 21.326 | 22.107 | 24.189 | 25.239 | 26.416 | 27.177 | 27.756 | 28.232 | 28.640 | 41 |
| 42 | 20.409 | 22.049 | 22.846 | 24.967 | 26.037 | 27.235 | 28.010 | 28.600 | 29.085 | 29.500 | 42 |
| 43 | 21.104 | 22.776 | 23.587 | 25.748 | 26.837 | 28.057 | 28.846 | 29.447 | 29.940 | 30.362 | 43 |
| 44 | 21.803 | 23.507 | 24.333 | 26.532 | 27.641 | 28.882 | 29.684 | 30.295 | 30.797 | 31.227 | 44 |
| 45 | 22.505 | 24.240 | 25.081 | 27.319 | 28.447 | 29.708 | 30.525 | 31.146 | 31.656 | 32.093 | 45 |
| 46 | 23.211 | 24.977 | 25.833 | 28.109 | 29.255 | 30.538 | 31.367 | 31.999 | 32.517 | 32.962 | 46 |
| 47 | 23.921 | 25.717 | 26.587 | 28.901 | 30.066 | 31.369 | 32.212 | 32.854 | 33.381 | 33.832 | 47 |
| 48 | 24.633 | 26.460 | 27.344 | 29.696 | 30.879 | 32.203 | 33.059 | 33.711 | 34.246 | 34.704 | 48 |
| 49 | 25.349 | 27.206 | 28.104 | 30.493 | 31.694 | 33.039 | 33.908 | 34.570 | 35.113 | 35.578 | 49 |
| 50 | 26.067 | 27.954 | 28.867 | 31.292 | 32.512 | 33.876 | 34.759 | 35.431 | 35.982 | 36.454 | 50 |
| | 0.00001 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | |
| n | Loss probability (E) | | | | | | | | | | n |

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

LAMPIRAN E
PETA RENCANA TATA RUANG WILAYAH
KABUPATEN GRESIK 2010-2030



LAMPIRAN F

PENGOLAHAN DATA METODE ELECTRE

Tabel1. Rating Kecocokan

| Rating Kecocokan Matriks (X) | | | | |
|------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|-----------|
| No | Kecamatan | Kriteria | | |
| | | C1 (kepadatan penduduk) | C2 (JML BTS eksisting) | C3 (RTRW) |
| 1 | Balong Panggang | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| 2 | Benjeng | 0.6 | 0.2 | 0.4 |
| 3 | Bungah | 0.2 | 0.2 | 0.6 |
| 4 | Cerme | 0.2 | 0.2 | 0.6 |
| 5 | Driyorejo | 0.6 | 0.6 | 0.8 |
| 6 | Duduk Sampean | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| 7 | Dukun | 0.4 | 0.2 | 0.6 |
| 8 | Gresik | 1 | 0.4 | 0.8 |
| 9 | Kebomas | 0.8 | 0.6 | 0.8 |
| 10 | Kedamean | 0.2 | 0.2 | 0.6 |
| 11 | Manyar | 0.4 | 0.6 | 0.8 |
| 12 | Menganti | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| 13 | Panceng | 0.2 | 0.6 | 0.4 |
| 14 | Sangkapura | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 15 | Sidayu | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| 16 | Tambak | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 17 | Ujung Pangkah | 0.2 | 0.2 | 0.4 |
| 18 | Wringin Anom | 0.4 | 0.2 | 0.8 |

Tabel2. Matriks Keputusan

| Matriks Keputusan Ternormalisasi | | |
|----------------------------------|------------|------------|
| X1 atau C1 | X2 atau C2 | X3 atau C3 |
| 1.8974 | 1.5620 | 2.4576 |

Tabel 3. Matriks Ternormalisasi R

| Matriks Ternormalisasi R | | | |
|--------------------------|----------|----------|----------|
| NO | C1 | C2 | C3 |
| 1 | 0.105409 | 0.128037 | 0.162758 |
| 2 | 0.316228 | 0.128037 | 0.162758 |
| 3 | 0.105409 | 0.128037 | 0.244137 |
| 4 | 0.105409 | 0.128037 | 0.244137 |
| 5 | 0.316228 | 0.384111 | 0.325515 |
| 6 | 0.105409 | 0.128037 | 0.162758 |
| 7 | 0.210819 | 0.128037 | 0.244137 |
| 8 | 0.527046 | 0.256074 | 0.325515 |
| 9 | 0.421637 | 0.384111 | 0.325515 |
| 10 | 0.105409 | 0.128037 | 0.244137 |
| 11 | 0.210819 | 0.384111 | 0.325515 |
| 12 | 0.316228 | 0.384111 | 0.244137 |
| 13 | 0.105409 | 0.384111 | 0.162758 |
| 14 | 0.105409 | 0.128037 | 0.081379 |
| 15 | 0.105409 | 0.128037 | 0.162758 |
| 16 | 0.105409 | 0.128037 | 0.081379 |
| 17 | 0.105409 | 0.128037 | 0.162758 |
| 18 | 0.210819 | 0.128037 | 0.325515 |

Tabel 4. Matriks V

| Matriks V | | | |
|-----------|--------|--------|--------|
| No | C1 | C2 | C3 |
| 1 | 0.1054 | 0.1024 | 0.0651 |
| 2 | 0.3162 | 0.1024 | 0.0651 |
| 3 | 0.1054 | 0.1024 | 0.0977 |
| 4 | 0.1054 | 0.1024 | 0.0977 |
| 5 | 0.3162 | 0.3073 | 0.1302 |
| 6 | 0.1054 | 0.3073 | 0.0651 |
| 7 | 0.2108 | 0.1024 | 0.0977 |
| 8 | 0.5270 | 0.2049 | 0.1302 |
| 9 | 0.4216 | 0.3073 | 0.1302 |
| 10 | 0.1054 | 0.1024 | 0.0977 |
| 11 | 0.2108 | 0.3073 | 0.1302 |
| 12 | 0.3162 | 0.3073 | 0.0977 |
| 13 | 0.1054 | 0.3073 | 0.0651 |
| 14 | 0.1054 | 0.1024 | 0.0326 |
| 15 | 0.1054 | 0.1024 | 0.0651 |
| 16 | 0.1054 | 0.1024 | 0.0326 |
| 17 | 0.1054 | 0.1024 | 0.0651 |
| 18 | 0.2108 | 0.1024 | 0.1302 |

Tabel 5. Matriks Concordance

| Matriks Concordance | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| C1 | — | 1.2 | 1.8 | 1.8 | 0 | 1.4 | 0.8 | 0.8 | 0 | 1 | 0.8 | 0 | 1.4 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 0.8 |
| C2 | 2.2 | — | 1.8 | 1.8 | 1 | 1.4 | 1.8 | 0.8 | 0 | 1 | 1.8 | 1 | 1.4 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.8 |
| C3 | 2.2 | 1.2 | — | 2.2 | 0 | 1.4 | 1.2 | 0.8 | 0 | 1.4 | 0.8 | 0.4 | 1.4 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 0.8 |
| C4 | 2.2 | 1.2 | 2.2 | — | 0 | 1.4 | 1.2 | 0.8 | 0 | 0 | 0.8 | 0.4 | 1.4 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 0.8 |
| C5 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | — | 2.2 | 2.2 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 |
| C6 | 2.2 | 1.2 | 1.8 | 1.8 | 0.8 | — | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 1.8 | 0.8 | 0.8 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.4 | 2.2 | 0 |
| C7 | 2.2 | 1.2 | 2.2 | 2.2 | 0 | 1.4 | — | 0.8 | 0 | 0 | 2.2 | 0.4 | 1.4 | 2.2 | 2.2 | 1.2 | 2.2 | 1.8 |
| C8 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.4 | 1.4 | 2.2 | — | 1.4 | 2.2 | 2.2 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 |
| C9 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.4 | 1.4 | 2.2 | 1.2 | — | 1.4 | 2.2 | 2.2 | 1.4 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 |
| C10 | 2.2 | 1.2 | 2.2 | 2.2 | 0.8 | 2.2 | 1.2 | 0.8 | 0.8 | — | 0.8 | 1.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 0.8 |
| C11 | 2.2 | 1.2 | 2.2 | 2.2 | 0.4 | 1.4 | 2.2 | 1.2 | 0.4 | 1.4 | — | 0.4 | 1.8 | 2.2 | 2.2 | 1.8 | 1.8 | 2.2 |
| C12 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.8 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 0.8 | 2.2 | 1.8 | — | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 1.8 |
| C13 | 2.2 | 1.2 | 1 | 1 | 0.8 | 2.2 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 1.8 | 0.8 | 0.8 | — | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 0.8 |
| C14 | 1.8 | 0.8 | 1.8 | 1.2 | 0 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0 | 1 | 0.8 | 0 | 1 | — | 1.8 | 2.2 | 1.8 | 0.8 |
| C15 | 2.2 | 1.2 | 1.8 | 1.8 | 0 | 1.4 | 0.8 | 0.8 | 0 | 1 | 0.8 | 0 | 1.4 | 2.2 | — | 2.2 | 2.2 | 0.8 |
| C16 | 1.8 | 0.8 | 1.8 | 1.8 | 0 | 1 | 0.8 | 0.8 | 0 | 1 | 0.8 | 0 | 1 | 2.2 | 1.8 | — | 1.8 | 0.8 |
| C17 | 2.2 | 1.2 | 1.8 | 1.8 | 0 | 1.4 | 0.8 | 0.8 | 0 | 1 | 0.8 | 0 | 1 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | — | 0.8 |
| c18 | 1.2 | 1.2 | 2.2 | 2.2 | 0.4 | 1.4 | 2.2 | 1.2 | 0.4 | 1.4 | 2.2 | 0.4 | 1.4 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | 2.2 | — |

Tabel 6. Matriks Discordance Index

| Matriks Discordance Index | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|---|--------|--------|--------|
| C1 | — | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C2 | 0 | — | 0.1544 | 0.1544 | 1 | 0 | 0.3088 | 1 | 1 | 1 | 0.6176 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.6176 |
| C3 | 0 | 1 | — | 0 | 1 | 1 | 1 | 0.0772 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C4 | 0 | 1 | 0 | — | 1 | 1 | 1 | 1 | 0.3162 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C5 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0.9592 | 0.9592 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C6 | 0 | 0.9592 | 0.1481 | 0.1481 | 1 | — | 0.4796 | 1 | 1 | 1 | 0.2962 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| C7 | 0 | 1.0444 | 0 | 0 | 1 | 1 | — | 0.3162 | 1 | 1 | 1 | 0.4796 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| C8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.5212 | 0 | — | 1 | 0.5212 | 0 | 1 | 0.5212 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0.5212 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0.5212 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C10 | 0 | 0.9592 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0.4796 | 0.4216 | 0.3162 | — | 0.1481 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1481 |
| C11 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0.5212 | 1 | — | 1 | 0.2962 | 0 | 0 | 0.9264 | 0.6176 | 0 |
| C12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0.2962 | 0 | 0.1481 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.1481 |
| C13 | 0 | 0.9592 | 0.2198 | 0.2198 | 0.3088 | 0 | 0.1481 | 0.4216 | 0.3162 | 1 | 0.2962 | 0.2108 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.2962 |
| C14 | 1 | 0.2108 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0.6176 | 0.4216 | 1 | 1 | 0.9264 | 1 | 1 | — | 1 | 0 | 1 | 1 |
| C15 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | — | 0 | 0 | 1 |
| C16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | — | 1 | 1 |
| C17 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | — | 1 |
| c18 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | — |

Tabel 7. Nilai Threshold

| No | Nilai Threshold Matriks F Concordance | Nilai Threshold Matriks G discordance |
|----|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 1,49 | 0,44 |

Tabel 8. Matriks F Concordance Dominan

| Matriks F Concordance Dominan | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 | — | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| C2 | 1 | | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C3 | 1 | 0 | | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| C4 | 1 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| C5 | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C6 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| C7 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| C8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C10 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| C11 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C12 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| C13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| C14 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | | 1 | 1 | 1 | 0 |
| C15 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | | 1 | 1 | 0 |
| C16 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | | 1 | 0 |
| C17 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | | 0 |
| C18 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | |

Tabel 8. Matriks G discordance Dominan

| Matriks G Discordance Dominan | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 | — | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C2 | 0 | — | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C3 | 0 | 1 | — | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C4 | 0 | 1 | 0 | — | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C5 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | — | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| C7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | — | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| C8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | — | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C11 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | — | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| C12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C13 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C14 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | — | 1 | 0 | 1 | 1 |
| C15 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | — | 0 | 0 | 1 |
| C16 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | — | 1 | 1 |
| C17 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | — | 1 |
| C18 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | — |

Tabel 9. Matriks E agregasi Dominan

| Matriks E Agregasi Dominan | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C1 | — | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C2 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C3 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C4 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C5 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| C8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| C12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C14 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | — | 1 | 0 | 1 | 0 |
| C15 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 |
| C16 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | — | 1 | 0 |
| C17 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 |
| c18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — |

Tabel 10. Hasil Agregasi

| Hasil Matriks Agregasi | | |
|------------------------|-------------------------|----------------|
| No | Wilayah Prioritas Utama | Nilai Agregasi |
| 1 | Kedamean | 6 |
| 2 | Bungah | 5 |
| 3 | Cerme | 4 |
| 4 | Ujung Pangkah | 3 |
| 5 | Balong Panggang | 2 |
| 6 | Sidayu | 2 |
| 7 | Wringin Anom | 2 |
| 8 | Tambak | 1 |

RIWAYAT PENULIS



Banyu Bening Gumilar, lahir di Tasikmalaya 17 November 1991, merupakan anak semata wayang dari pasangan Nana Suryana S.Pd dan Ai Mulyani S.Pd M.Pd, memulai pendidikan formal di SDN Sukawinaya (1998-2004), kemudian meneruskan pendidikan SMP di At-Tajdid Islamic Boarding School (2004-2007), kemudian melanjutkan SMA di tempat yang sama di At-Tajdid Islamic Boarding School (2007-2010). Kemudian penulis diterima di Sekolah Vokasi Program studi D3 Universitas Gadjah Mada mengambil jurusan Teknik Elektro dengan bidang studi Telekomunikasi (2010-2013), selanjutnya penulis melanjutkan studinya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Elektro dengan mengambil bidang studi Telekomunikasi dan Multimedia pada program Lintas Jalur S1. Pada tahun 2015 penulis mengambil penelitian tugas akhir di laboratorium Antena dan Propagasi B306 Teknik Elektro ITS. Penulis senantiasa selalu berusaha menjadi orang yang lebih baik dari hari sebelumnya.

Kontak :

- ✓ banyubeninggumilar@gmail.com
- ✓ banyu.bening13@mhs.ee.its.ac.id